Environnement Canada
Environment Canada

Méthode de référence pour le contrôle à la source : Mesure des émissions de matières particulaires fines à partir de sources fixes

Sources fixes
Division de la recherche et de la mesure des émissions
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Méthode de référence SPE 1/RM/55
Décembre 2013

Canada

ISBN : 978-0-660-21294-4
N° de cat. : En14-46/2-2014F-PDF

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement Canada
Informathèque
10, rue Wellington, 23e étage
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-997-2800
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Télécopieur : 819-994-1412
ATS : 819-994-0736
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Environnement Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement, 2014

Also available in English

Commentaires des lecteurs

Les questions sur l'utilisation de cette méthode de référence devraient être transmises à :

Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Pour obtenir une copie du présent rapport, veuillez vous adresser à :

Publications
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Avant-propos

Les méthodes d'analyse présentées dans le présent rapport (G pour $MP_{2,5}$ et H pour matières particulaires condensables) peuvent être utilisées séparément ou ensemble pour déterminer les matières fines filtrables et les matières particulaires condensables. Ces méthodes sont utilisées de concert avec la méthode E de la méthode de référence SPE 1/RM/8 pour mesurer les émissions de matières particulaires à partir de sources fixes. Les matières particulaires filtrables (+$MP_{2,5}$ et $MP_{2,5}$) et les matières particulaires condensables mesurées par la présente méthode sont considérées comme des matières particulaires primaires ou directes.

Le terme « doit » et ses dérivés sont employés dans la présente méthode pour indiquer des consignes obligatoires. Le terme « devrait » est ses dérivés sont employés dans la présente méthode pour indiquer qu'une disposition n'est pas une exigence absolue, mais qu'elle est hautement recommandée en tant que bonne pratique. Le terme « pourrait » et ses dérivés sont utilisés pour signifier un droit ou une option ou pour indiquer une certaine forme de vraisemblance ou de possibilité.

La complexité de ces méthodes justifie que le personnel qui les utilise doit être formé et expérimenté. La mise en pratique de la présente méthode comprend des risques pour la santé et la sécurité. Les organismes d'échantillonnage et leur personnel sont responsables d'obtenir la formation exigée pour respecter les normes en matière de santé et sécurité au travail, en conformité avec le transport des marchandises dangereuses et la mise en place de plans de santé et de sécurité propres au site.

Remarque : La mention d'appellations commerciales ou de produits commerciaux ne constitue pas une approbation d'utilisation d'Environnement Canada.

Table des matières

Avant-propos ii
Liste des figures iv

Méthode G : Détermination des $MP_{2,5}$ filtrables et des matières particulaires filtrables 5
1. Applicabilité 5
2. Principe 5
3. Appareils 6
3.1 Prélèvement d'échantillons 6
3.2 Prélèvement d'échantillons 9
4. Réactifs et matériel 10
4.1 Prélèvement d'échantillons 10
4.2 Prélèvement d'échantillons 10
5. Procédures 11
5.1 Prélèvement d'échantillons 11
5.2 Prélèvement d'échantillons 14
5.3 Analyse d'échantillons 15
6. Calculs (Équations en unités SI) 18
7. Nomenclature 21
ANNEXE G : Équations en unités impériales 26
Méthode H : Détermination des matières particulaires condensables (MPC) 31
1. Applicabilité 31
2. Principe 31
3. Appareils 31
3.1 Prélèvement d'échantillons 31
3.2 Prélèvement d'échantillons 32
4. Réactifs et matériel 32
5. Procédures 33
5.1 Tarage 33
5.2 Prélèvement d'échantillons 34
5.3 Prélèvement d'échantillons 36
5.4 Analyse d'échantillons 38
6. Calculs 43
7. Nomenclature 43
Méthode I : Options 45
1. Applicabilité 45
2. Principe 45
3. Appareils 45
4. Réactifs et matériel 45
5. Procédures 45
5.1 Tarage 45
5.2 Prélèvement d'échantillons 45
5.3 Prélèvement d'échantillons 46
5.4 Analyse d'échantillons 46
6. Calculs 49
7. Nomenclature 49
Références 50

Liste des figures

Figure G-1 Dimensions internes du cyclone 6
Figure G-2 Modèle de buse pour un cyclone de $MP_{2.5}$ (Grande vélocité du gaz de cheminée) 7
Figure G-3 Modèle de buse pour un cyclone de $MP_{2.5}$ (Faible vélocité du gaz de cheminée) 7
Figure G-4 Assemblage d'un cyclone de $MP_{2.5}$ 8
Figure G-5 Schéma de la méthode G 12
Figure G-6 Feuille de données de l'analyse d'humidité 15
Figure G-7 Feuille de données analytiques des particules 17
Figure G-8 Facteur de correction de blocage (C_{FB}) 20
Figure G-9 Tableau de prise de décisions pour établir le taux d'échantillonnage pour le D_{50} 24
Figure G-10 Feuille de données d'échantillonnage des particules 25
Figure G-11 Facteur de correction de blocage (C_{FB}, système impérial) 28

Figure H-1 Schéma de la ligne d'impacteur de la méthode H 35
Figure H-2 Feuille de données de l'analyse d'humidité 36
Figure H-3 Description des échantillons reçus 38
Figure H-4 Traitement des échantillons de matières particulaires condensables 39
Figure H-5 Organigramme du traitement des échantillons de matières particulaires condensables 40
Figure H-6 Feuille de données analytiques des particules 42

Figure I-1 Schéma de la méthode I : combinaison des méthodes G et H 46
Figure I-2 Description des échantillons reçus 47
Figure I-3 Feuille de données analytiques des particules 48

Méthode G : Détermination des $MP_{2,5}$ filtrables et des matières particulaires filtrables

1. Applicabilité

On utilise la présente méthode pour mesurer la concentration massique et l'émission ou le rejet massique de $MP_{2,5}$ aérodynamiques filtrables et de matières particulaires (MP) filtrables par des flux gazeux fermés et des sources fixes. La matière particulaire filtrable est considérée comme équivalente à la matière particulaire de la méthode E, rapport SPE 1/RM/8.

La mise en place directe des procédures indiquées dans la présente méthode peut être limitée par une ou plusieurs des conditions suivantes :

- des emplacements d'échantillonnage à moins de deux diamètres de cheminée en aval ou à moins d'un demi-diamètre de cheminée en amont d'une perturbation du débit;
- des conduits dont la superficie de la section transversale est inférieure à 0,071 m^2 (113 po^2) ou des conduits dont le diamètre est inférieur à 0,3 m (12 po);
- des flux gazeux sursaturés qui entraînent des gouttelettes d'eau;
- des flux gazeux dont la vélocité est inférieure à 3 m/s (10 pi/s) ou supérieure à 30 m/s (100 pi/s);
- des températures de gaz de cheminée supérieures à 260 °C (500 °F), étant donné qu'elles peuvent endommager le cyclone des $MP_{2,5}$;
- des flux gazeux inflammables ou explosifs, ou qui contiennent des composants corrosifs ou instables;
- des sources dont la concentration en particules est si élevée qu'elle peut perturber la séparation des $MP_{2,5}$;
- des débits cycloniques dans le flux gazeux;
- des fluctuations rapides de la vélocité, de l'humidité, de la concentration en particules, ou de la température du flux gazeux en raison de variations incontrôlables du procédé.

Pour évaluer la conformité, les modifications possibles pour permettre l'échantillonnage des sources qui présentent ces caractéristiques doivent être approuvées par écrit par Environnement Canada.

2. Principe

Les matières particulaires sont retirées à un taux presque constant, mais de façon isocinétique, à partir de points de section prédéterminés dans un flux gazeux fermé. Les $MP_{2,5}$ filtrables sont séparées à l'aide d'un cyclone dans la cheminée, et déposées dans la sonde et sur un filtre chauffé à l'extérieur de la cheminée maintenu à une température de 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F) ou à la température nécessaire pour prévenir le colmatage du filtre en raison de la condensation. Les $MP_{2,5}$ filtrables et les matières particulaires filtrables sont déterminées par gravimétrie après le retrait de l'eau non liée. La détermination simultanée du taux d'humidité, de la vélocité, de la température et de la masse moléculaire du flux gazeux permettent de calculer la concentration et le taux d'émission des $MP_{2,5}$. La présente méthode est utilisée de concert avec les méthodes du rapport SPE 1/RM/8 de décembre 1993, « *Standard Reference Method for Source Testing: Measurement of Releases of Particulate from Stationary Sources.* »

L'échantillonnage isocinétique signifie que la vélocité du gaz qui entre dans la buse d'échantillonnage est la même que celle du flux gazeux non perturbé au point d'échantillonnage.

Trois analyses valides sont exigées pour la détermination des $MP_{2,5}$ et des matières particulaires. Chaque analyse doit avoir une durée d'au moins deux heures et récupérer au moins 1,5 m^3 (53 pi^3) de gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence.

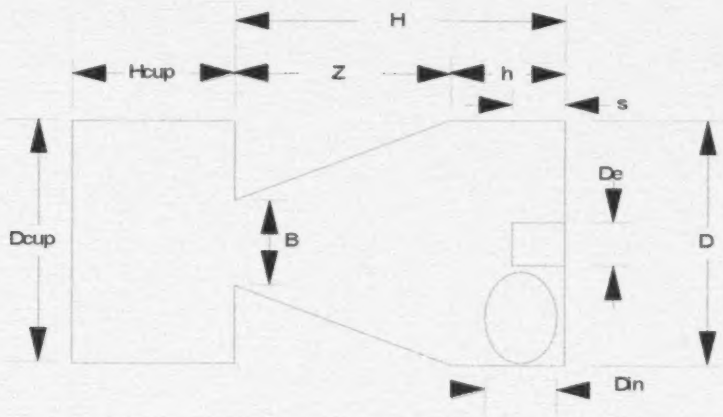
3. Appareils

3.1 Prélèvement d'échantillons

Le prélèvement d'échantillons nécessite les éléments suivants :

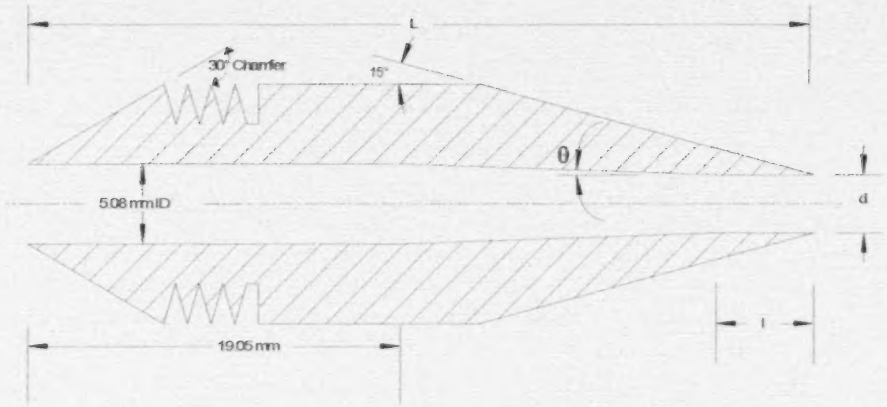
Cyclone des $MP_{2,5}$. Cyclone de $MP_{2,5}$ en acier inoxydable (316 ou l'équivalent) ou recouvert de Téflon qui respecte les spécifications dimensionnelles de la figure G-1 à ± 0,02 cm (± 0,01 po). Les joints toriques en fluoropolymères utilisés dans le cyclone ont une limite de température d'environ 205 °C (400 °F). Il faut utiliser des joints d'étanchéité en acier inoxydable pour les températures entre 205 et 260 °C (de 400 à 500 °F). Pour les températures supérieures à 260 °C (500 °F), il faut communiquer avec Environnement Canada.

Buses. Ensemble de buses droites en acier inoxydable (316 ou l'équivalent) à bords tranchants et à pointe effilée comme le montrent les figures G-2 et G-3. Les buses peuvent être recouvertes de Téflon.



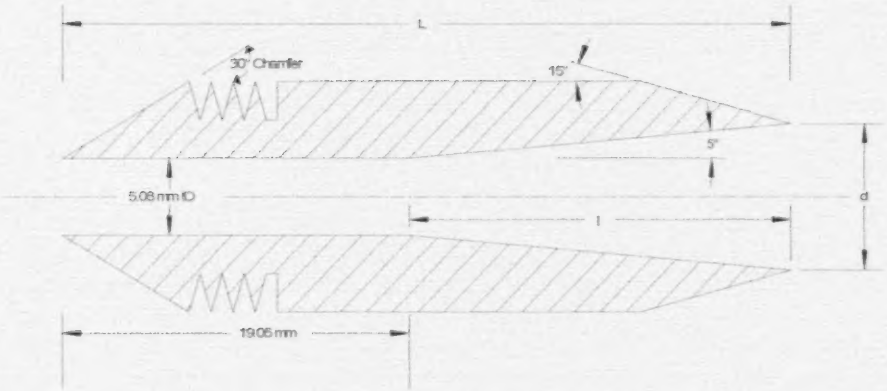
Cyclone IV (2,5 micromètres)	Dimensions internes du cyclone (cm ± 0,02 cm)									
	D_{in}	D	D_e	B	H	h	Z	S	H_{cup}	D_{cup}
	0,51	2,54	0,59	1,09	2,68	1,03	1,65	0,58	2,22	2,62

Figure G-1 Dimensions internes du cyclone



Buse Diamètre, d (mm)	Angle interne du cône, θ (degrés)	Longueur de l'orifice d'entrée droit, l (mm)	Longueur totale, L (mm)
3,175	3	≤ 1,27	36,830 ± 1,27
3,505	2	≤ 1,27	36,830 ± 1,27
3,962	1	≤ 1,27	36,830 ± 1,27
4,369	1	≤ 1,27	36,830 ± 1,27
4,775	1	≤ 1,27	36,830 ± 1,27
5,080	0	≤ 1,27	36,830 ± 1,27

Figure G-2 Modèle de buse pour un cyclone de $MP_{2,5}$ (Grande vélocité du gaz de cheminée)



Diamètre de la buse, d (mm)	Longueur de l'orifice d'entrée droit, l (mm)	Longueur totale, L (mm)
5,486	2,362	21,412
5,944	4,928	23,978
6,426	7,722	26,772
6,960	10,719	29,769
7,518	13,945	32,995
8,128	17,475	36,525

Figure G-3 Modèle de buse pour un cyclone de $MP_{2,5}$ (Faible vélocité du gaz de cheminée)

La figure G-4 présente un exemple d'assemblage d'un cyclone de $MP_{2,5}$ et de buse. Cet assemblage passe à travers un port standard de 102 mm (4 po).

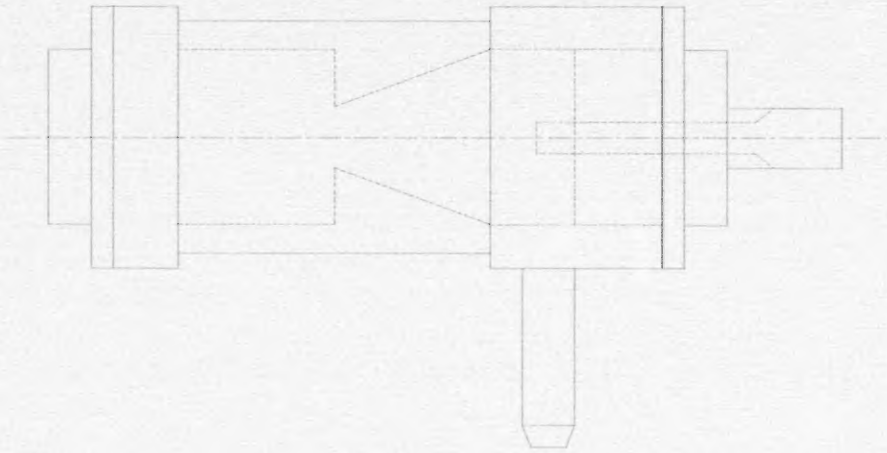


Figure G-4 Assemblage d'un cyclone de $MP_{2,5}$

Sonde. Revêtement en borosilicate ou en verre de quartz. Lorsque des limitations de longueur ou de résistance excluent l'utilisation d'un revêtement en verre, il est possible d'utiliser un tube sans soudure fait d'une matière inerte et résistante à la corrosion comme l'acier inoxydable 316, l'Incoloy 825 ou le Téflon. Le revêtement est enfermé dans un tube d'acier inoxydable dont le diamètre extérieur est de 2,5 cm (1,0 po) et dans un système de chauffage qui indique la température et qui peut maintenir la température du gaz de sortie à 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F), ou à la température nécessaire pour prévenir la condensation.

Tube de Pitot. Un tube de Pitot de type S (Stausscheibe) est attaché à la sonde. Les ouvertures de devant du tube de Pitot et de la buse du cyclone doivent être parallèles. Le tube de Pitot doit être à une distance d'au moins 2,5 cm (1,0 po) du cyclone de $MP_{2,5}$ et du capteur de température. L'assemblage de la sonde doit être calibré selon les procédures indiquées dans la méthode de référence SPE 1/RM/8, méthode F. La calibration doit être effectuée avec l'assemblage d'échantillonnage complet (cyclone, tube de Pitot et thermocouple).

Capteur de température de la cheminée. Thermocouple calibré ou autre capteur de température adéquat capable de mesurer la température de la cheminée à une précision de 1,5 % de la température minimale absolue de la cheminée. Le capteur doit être à une distance d'au moins 2,5 cm (1,0 po) du cyclone de $MP_{2,5}$ et du tube de Pitot.

Porte-filtre primaire. Porte-filtre en borosilicate muni d'un support de filtre inerte (verre fritté, planche de Téflon, grillage perforé en acier inoxydable ou planche perforée) avec des surfaces d'étanchéité souples pour prévenir les fuites de gaz dans le filtre ou autour du filtre. On recommande un support de filtre en Téflon ainsi que des joints toriques en fluoropolymères. Le filtre ne doit pas être pincé entre le joint torique et le support du filtre.

Le porte-filtre primaire se situe à l'intérieur du compartiment du filtre.

Système de chauffage du compartiment du filtre. Système de chauffage capable de maintenir la température du compartiment du filtre à 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F) ou à une température plus élevée si nécessaire à la prévention du colmatage du filtre en raison de la condensation. Pour mesurer la température du compartiment à une précision de 3 °C (5 °F), un thermocouple ou autre capteur de température est également nécessaire.

Impacteurs. Quatre impacteurs Greenburg-Smith sont connectés en série. Les premier, troisième et quatrième impacteurs sont modifiés en remplaçant les embouts et les plaques d'impaction de conception standard par un tube de verre de diamètre intérieur de 13 mm (0,5 po) et descendant jusqu'à 13 mm (0,5 po) du bas de l'impacteur. Le deuxième impacteur est doté de l'embout et de la plaque d'impaction standard. Les impacteurs se trouvent dans un

bain de glace au cours de l'échantillonnage. On peut remplacer les impacteurs par tout autre condensateur adéquat si le liquide condensé ne doit être utilisé qu'aux fins de détermination de l'humidité. Un capteur de température capable de mesurer à une précision de 1 °C (2 °F) doit être placé à l'orifice de sortie du dernier impacteur.

Pompe à vide. Pompe à vide étanche capable de maintenir un taux d'échantillonnage isocinétique tout en retirant de façon continue une portion de gaz de cheminée par la ligne d'échantillonnage. On mesure le vide à l'entrée de la pompe à une précision de 13 mm Hg (0,5 po Hg) à l'aide d'un vacuomètre attaché à la canalisation à vide qui relie la pompe à l'orifice de sortie du dernier impacteur. Le débit d'échantillonnage est contrôlé par une combinaison de robinets à grand et à faible débit (déviation).

Installation de comptage. Compteur à gaz type sec calibré muni de capteurs de température aux orifices d'entrée et sortie. Le compteur doit être calibré selon les procédures indiquées dans la méthode F, méthode de référence SPE 1/RM/8. Les capteurs de température doivent posséder une précision de 3 °C (5 °F).

Débitmètre à diaphragme. Débitmètre à diaphragme calibré connecté à l'orifice de sortie du compteur à gaz type sec. Le débitmètre à diaphragme doit être calibré selon la procédure indiquée dans la méthode F, méthode de référence SPE 1/RM/8.

Indicateurs de pression différentielle. Les appareils, comme les manomètres inclinés, doivent pouvoir mesurer la pression dynamique dans le tube de Pitot (Δp) et la perte de pression dans le débitmètre à diaphragme à une précision de 0,1 mm (0,005 po) H_2O sur l'échelle d'H_2O de 0 à 25 mm (0 à 1 po), et à une précision de 1 mm (0,05 po) H_2O sur l'échelle d'H_2O de 25 à 250 mm (1 à 10 po). Un manomètre incliné rempli d'un liquide de la densité correspondante est considéré comme un étalon primaire. Les autres appareils doivent être calibrés par rapport à un étalon primaire avant l'analyse. Un appareil plus sensible est nécessaire lorsque les valeurs de Δp sont inférieures à 1,3 mm H_2O (0,05 po H_2O).

Baromètre. Baromètre capable de mesurer la pression atmosphérique à une précision de 2,5 mm Hg (0,1 po Hg). L'appareil doit être calibré par rapport à un étalon primaire avant l'analyse. Autrement, on peut utiliser les données brutes de pression atmosphérique fournies par la station météorologique locale, mais on doit apporter une correction pour tenir compte de l'altitude du site d'échantillonnage par rapport au niveau de la mer. Il faut déduire 2,5 mm Hg par tranche de 30,5 m (0,1 po Hg par tranche de 100 pi) d'altitude par rapport au niveau de la mer.

Chronomètre. Un chronomètre est nécessaire pour mesurer le temps d'échantillonnage écoulé et le temps de rétention à chaque point de section. Le chronomètre doit avoir une résolution minimale de 0,1 minute.

3.2 Prélèvement d'échantillons

Le prélèvement d'échantillons nécessite les éléments suivants :

Brosses de sonde et de cyclone. Brosses à poils de nylon d'une longueur et d'un diamètre adéquat pour le nettoyage du cyclone de $MP_{2,5}$ et de la sonde. On recommande un manche de brosse en tube de Téflon pour le rinçage à l'eau et à l'acétone. Lorsqu'elles ne sont pas utilisées, les brosses de sonde et de cyclone devraient être entreposées dans un sac de plastique, pour prévenir la contamination.

Dessiccateur. Armoire de laboratoire hermétique pour stabiliser la température et l'humidité des filtres ainsi que les résidus d'évaporation avant la pesée. Les dessiccateurs doivent contenir un plateau de gel de silice ou un dessiccant équivalent, à la température ambiante du laboratoire.

Balances. Balance analytique capable de peser les résidus de rinçage du filtre, du cyclone de $MP_{2,5}$ et de la sonde à une précision de ± 0,1 mg ou moins et balance à deux plateaux ou à plateau supérieur capable de peser des impacteurs chargés à une précision de ± 0,1 g ou moins.

Étuve de séchage. Four thermocommandé ventilé capable de maintenir une température de 105 °C (221 °F) à une précision de 3 °C (5 °F).

Divers. Flacons-laveurs, contenants à échantillon en quantité suffisante pour contenir tous les rinçages et des boîtes de Pétri pour contenir les échantillons des filtres. Tous les articles doivent être faits de matières comme le

verre, le Téflon ou le polypropylène qui sont chimiquement inertes, tant par rapport aux échantillons qu'aux réactifs utilisés pour le prélèvement d'échantillons.

4. Réactifs et matériel

4.1 Prélèvement d'échantillons

Le prélèvement d'échantillons nécessite les éléments suivants :

Filtre. Filtre en fibre de verre traité à la chaleur et exempt de liant organique d'un diamètre compatible avec le porte-filtre et d'une efficacité d'au moins 99,95 % pour des particules de 0,3 µm conformément à la version la plus récente de la norme ASTM D2986. Les données d'analyse du filtre fournies par le fabricant sont suffisantes. La matière du filtre doit être inerte sur le plan chimique par rapport aux composants du gaz de cheminée comme le dioxyde de soufre (SO_2). Selon la nature de la source et les analyses requises, d'autres types de filtres peuvent être utilisés, sous réserve de l'approbation d'Environnement Canada.

Le filtre doit être séché jusqu'à un poids constant avant son utilisation. Cela peut être fait en séchant le filtre pendant au moins 24 heures en présence de gel de silice ou d'un dessiccant équivalent à 20 ± 6 °C (68 ± 10 °F). Il faut peser le filtre à une précision de 0,1 mg à intervalles de six heures ou plus dans une pièce où l'humidité relative est d'au plus 50 %. La pesée doit être effectuée en moins de deux minutes après avoir retiré le filtre du dessiccateur. Le poids constant est atteint lorsque la différence entre deux mesures consécutives est inférieure à 0,5 mg. Au cours du transport vers le site d'échantillonnage, il faut placer le filtre pré-pesé dans une boîte de Pétri propre et identifiée.

Divers. Eau distillée ou désionisée, glace pilée, joints toriques en fluoropolymères pour sceller les joints et gel de silice de type indicateur et de classe granulométrique 6-16.

4.2 Prélèvement d'échantillons

Le prélèvement d'échantillons nécessite les éléments suivants :

Acétone. Acétone de qualité réactif à faible teneur en résidus, inférieure à 0,001 % du poids.

Eau. La qualité de l'eau distillée ou désionisée doit être conforme aux caractéristiques pour l'eau de type II précisées dans la version la plus récente de la norme ASTM D1193.

Bouteilles d'échantillons. Bouteilles d'échantillons à goulot large et chimiquement inertes, d'une capacité de 250 mL pour entreposer les produits de rinçages de la buse, du cyclone, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre.

Boîtes de Pétri. Boîtes de Pétri en verre ou en plastique d'une taille plus grande que le filtre.

On recommande de suivre les procédures indiquées à la section 5.1 de la méthode H pour peser les résidus de rinçage (en utilisant une bouteille de référence).

5. Procédures

5.1 Prélèvement d'échantillons

Analyse préliminaire. En l'absence de connaissance antérieure des variables de la cheminée, une analyse préliminaire devrait être effectuée afin d'obtenir les données suivantes :

- Le nombre et l'emplacement des points de section conformément à la méthode A, méthode de référence SPE 1/RM/8.
- Le profil de la vélocité dans la cheminée (méthode B, méthode de référence SPE 1/RM/8). On recommande l'utilisation d'un assemblage de tube de Pitot et de tête de cyclone de $MP_{2,5}$.
- La température et la pression de la cheminée (méthode B, méthode de référence SPE 1/RM/8).
- La masse moléculaire du gaz de cheminée (méthode C, méthode de référence SPE 1/RM/8).
- Le taux d'humidité du gaz de cheminée (méthode D, méthode de référence SPE 1/RM/8).

Étant donné que la buse du cyclone ne se trouve pas à l'extrémité de l'assemblage de la sonde, il peut être impossible de localiser la buse sur le dernier point de section du mur éloigné. Dans ce cas, il faut placer la buse à l'avant-dernier point.

Choix du taux d'échantillonnage. Le seuil de diamètre du cyclone de $MP_{2,5}$ détermine le taux d'échantillonnage. Le critère isocinétique doit également être respecté à chaque point de section. Ces exigences simultanées peuvent être respectées en variant le temps de rétention à chaque point, en changeant les buses et en modifiant l'échantillonnage jusqu'à 20 % (jusqu'à 10 % pour les matières particulaires) par rapport au taux isocinétique.

À l'aide des renseignements tirés de l'analyse préliminaire de la cheminée (P_{bar}, Δp_s, T_s, B_{wo}, $\%O_2$ et $\%CO_2$), il faut déterminer la M_s et la M_d. Il faut calculer la viscosité du gaz de cheminée et le facteur de Cunningham. Ils seront utilisés pour déterminer les paramètres suivants à chaque point de section :

a) Diamètre de la buse
b) Taux d'échantillonnage ou pression différentielle dans le débitmètre à diaphragme (ΔH)
c) Temps de rétention

De façon à respecter les conditions suivantes :

a) Les temps de rétention doivent être proportionnels à la vélocité du gaz de cheminée, en conservant une moyenne de temps de rétention cible de cinq minutes par mesure
b) 2,25 microns ≤ seuil de diamètre ≤ 2,75 microns
c) 80 % ≤ isocinétisme ≤ 120 % (90% ≤ isocinétisme ≤ 110 % pour les matières particulaires)

Il faut respecter chacune de ces conditions dans au moins 90 % des mesures effectuées aux points de section.

La figure G-9 présente un exemple de tableau de prise de décisions pour le choix du seuil de $MP_{2,5}$ et du taux d'échantillonnage. On peut utiliser d'autres approches itératives pour respecter le seuil et l'isocinétisme. Le taux d'échantillonnage désiré dans la buse, Q_{buse}, est le produit de la vélocité locale réelle à l'embout de la buse (U_s) et autour de la buse. La vélocité se calcule à l'aide de l'équation B-2 de la méthode B, méthode de référence SPE 1/RM/8. Après avoir déterminé le taux d'échantillonnage ajusté pour l'isocinétisme de la buse, on calcule le réglage du débitmètre à diaphragme, ΔH, à l'aide de l'équation F-3 de la méthode F, méthode de référence SPE 1/RM/8.

Sélection du temps de rétention. À partir des données préliminaires des points de section, il faut calculer la vélocité moyenne du gaz de cheminée, qui deviendra la référence ou la vélocité « d'ancrage » pour les calculs du temps de rétention de tous les points de l'analyse. On calcule le temps de rétention pour chaque point au moment de l'échantillonnage réel de la façon suivante:

$$\text{Temps de rétention}_{point} = \text{Temps de rétention}_{moyen} * U_s / U_{ancrage}$$

Pour des raisons pratiques, on arrondit le temps de rétention à une précision de 15 secondes ou de dixième de minute, selon les unités du chronomètre utilisé. Il faut utiliser les vélocités réelles du gaz de cheminée mesurées au cours de l'échantillonnage pour calculer le temps de rétention à chacun des points de section.

Durée totale de l'analyse. Après avoir calculé la vélocité d'ancrage et déterminé le nombre de points de section, il faut choisir le temps de rétention moyen et le nombre de mesures par point qui produiront un échantillon d'au moins 1,5 m^3 dans des conditions de référence sèches. Le temps de rétention moyen pour toutes les mesures ne doit pas dépasser cinq minutes et plusieurs mesures peuvent être requises à chaque point de section.

Préparation de la ligne d'échantillonnage. Préparer la ligne d'échantillonnage dans un endroit propre pour réduire les risques de contamination. Marquer la sonde à l'aide de marques qui résistent à la chaleur pour indiquer l'emplacement de chaque point d'échantillonnage. Utiliser une pince pour placer le filtre étiqueté et taré dans le porte-filtre.

Mettre 100 mL d'eau dans le premier et le deuxième impacteur. Laisser le troisième impacteur vide. Mettre environ 100 à 300 grammes de gel de silice dans le quatrième impacteur. Noter le poids de chaque impacteur à une précision de 0,5 g sur la feuille de données de l'analyse d'humidité (figure G-6).

Installer la ligne d'échantillonnage conformément à la figure G-5. Ajuster le compartiment du filtre et le système de chauffage de la sonde de façon à maintenir une température de 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F) ou une température nécessaire pour prévenir le colmatage du filtre en raison de la condensation.

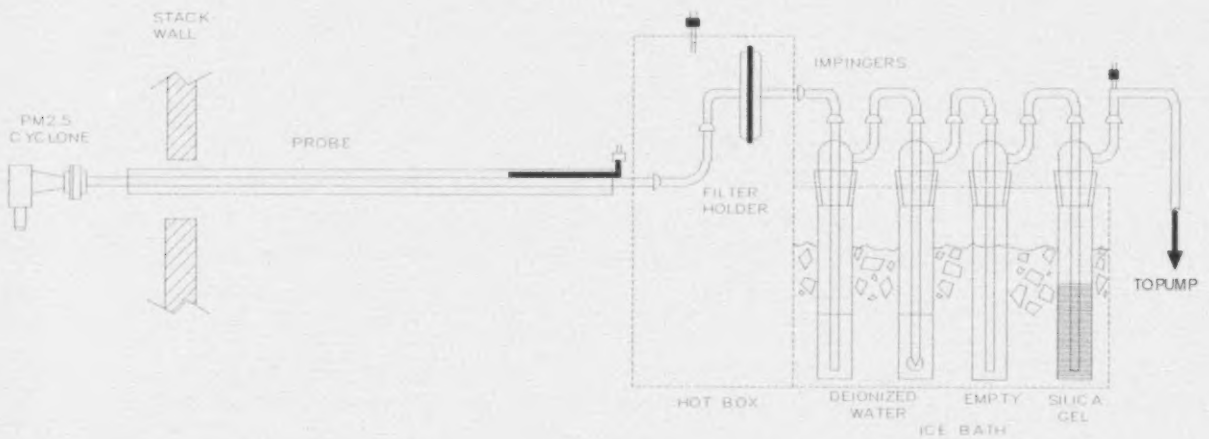


Figure G-5 Schéma de la méthode G

Effectuer une pré-analyse obligatoire d'étanchéité de la ligne d'échantillonnage en bouchant l'orifice d'entrée de la buse et en appliquant un vide de 380 mm Hg (15 po Hg) pendant au moins une minute. Le taux de fuite doit être inférieur à 0,57 L/min (0,02 pi^3/min) ou à 4 % du taux d'échantillonnage moyen estimé, selon le moindre des deux. L'échantillonnage ne doit être effectué que lorsque le taux de fuite est acceptable. Noter la donnée réelle de fuite sur la feuille de données d'échantillonnage des particules (Figure G-10). Mettre de la glace et de l'eau dans l'impacteur avant l'échantillonnage.

On recommande d'effectuer une pré-analyse d'étanchéité du système de mesure de la vélocité du gaz de cheminée de la façon suivante :
a) Souffler dans l'ouverture de pression dynamique jusqu'à une mesure d'au moins 7,6 cm (3,0 po) de vélocité de l'eau sur le manomètre; puis fermer l'ouverture de pression dynamique. La pression doit demeurer stable pendant au moins 15 secondes.
b) faire de même pour la pression statique, en utilisant la succion pour obtenir une mesure d'au moins 7,6 cm (3,0 po) dans la colonne d'eau.
On peut utiliser d'autres méthodes équivalentes de vérification de l'étanchéité.

Fonctionnement de la ligne de prélèvement. Nettoyer les hublots avant l'échantillonnage pour prévenir l'accumulation extérieure de dépôts de poussières dans la buse. Insérer l'assemblage du cyclone par l'ouverture en s'assurant que la buse ne frotte pas contre les parois de l'ouverture. Sceller l'ouverture. Pour commencer l'échantillonnage, noter la mesure initiale du compteur à gaz type sec et pointer la buse choisie directement dans le flux gazeux au premier point d'échantillonnage. Mesurer la Δp et la température du gaz de cheminée. Tenir la sonde dans cette position pendant au moins 5 minutes de façon à ce que la température du cyclone de $MP_{2,5}$ atteigne la température du gaz de cheminée dans un intervalle de ± 28 °C (± 50 °F).

À l'aide d'une feuille de calcul ou d'une calculatrice programmable, déterminer le temps de rétention et le réglage du débitmètre à diaphragme qui produisent :

a) 2,25 microns ≤ seuil de diamètre du cyclone de $MP_{2,5}$ ≤ 2,75 microns
b) 80 % ≤ isocinétisme ≤ 120 % (90% ≤ isocinétisme ≤ 110 % pour les matières particulaires)

Remarque : *Si l'analyse préliminaire des points de section a été effectuée juste avant l'échantillonnage, les diamètres de la buse point par point et les réglages du débitmètre à diaphragme déterminés à partir des données préliminaires peuvent être utilisés dans la plupart des cas. Une variation importante de la température ou de la vélocité du gaz de cheminée par rapport aux mesures préliminaires nécessitera la détermination de ces paramètres en cours d'échantillonnage.*

Mettre en marche simultanément la pompe à vide et le chronomètre. Régler rapidement les soupapes de contrôle du débit à l'ouverture désirée. Échantillonner tous les points de section en maintenant le temps de rétention propre au point, le seuil du diamètre de $MP_{2,5}$ et l'isocinétisme. Ajouter plus de glace et d'eau au bac à glace, au besoin, pour maintenir la température à la sortie du dernier impacteur dans un intervalle de 0 à 20 °C (32 à 68 °F).

Noter les mesures des instruments sur la feuille de données de l'échantillonnage des particules (figure G-10) à chaque point de section. Les mesures doivent également être notées avant et après la vérification de l'étanchéité et lorsque l'échantillonnage est interrompu. Le volume total d'échantillon doit être d'au moins 1,5 m^3, mesuré dans des conditions de références sèches. Ce volume cible peut nécessiter deux mesures consécutives ou plus par point de section. Noter le temps de rétention à une précision de 15 secondes ou de dixième de minute pour faciliter la conservation des données.

Les endroits où la vélocité du gaz point par point varie de plus de ± 20 % (± 10 % pour les matières particulaires) peuvent nécessiter l'utilisation de deux buses ou plus par analyse afin de respecter le critère isocinétique. Si les analyses préliminaires ou précédentes des points de section indiquent que tous les points de section peuvent être échantillonnés à l'aide de la même buse, il faut déplacer la sonde au point suivant. Si les analyses préliminaires ou précédentes des points de section indiquent que plus d'une buse est requise, il faut d'abord échantillonner les points de section qui nécessitent la même buse. Éteindre ensuite la pompe et retirer immédiatement la sonde de la cheminée. Remplacer immédiatement la buse et entreposer la buse remplacée dans un contenant propre et étanche. Ne pas vérifier l'étanchéité de la ligne. Réinsérer la sonde et poursuivre l'analyse.

Lorsqu'il est nécessaire d'interrompre temporairement l'échantillonnage, il faut soit désassembler la ligne d'échantillonnage au cours du changement de port, soit remplacer un composant de la ligne autre que la buse, éteindre la pompe et retirer immédiatement la sonde de la cheminée. Séparer le cyclone $MP_{2,5}$, boucher l'extrémité de la sonde et effectuer une analyse obligatoire d'étanchéité dans le reste de la ligne en appliquant un vide supérieur ou égal au vide maximal enregistré au cours de l'échantillonnage. Noter le taux de fuite réel. Si le taux de fuite est supérieur à 0,57 L/min (0,02 pi^3/min) ou à 4 % du taux d'échantillonnage, l'analyse est invalide. Si le taux de fuite est acceptable, désassembler la ligne d'échantillonnage ou remplacer un composant de la ligne. Avant de poursuivre l'analyse, effectuer une vérification obligatoire d'étanchéité (sans le cyclone de $MP_{2,5}$) en respectant les procédures de pré-analyse d'étanchéité utilisées au cours de la préparation de la ligne d'échantillonnage. Ensuite, installer et resserrer la connexion du cyclone de $MP_{2,5}$.

Lorsque l'analyse est terminée, retirer le cyclone de $MP_{2,5}$ avec précaution, boucher l'extrémité de la sonde et effectuer une post-analyse d'étanchéité obligatoire en appliquant un vide supérieur ou égal à la valeur maximale observée en cours d'échantillonnage. Noter le taux de fuite réel, qui doit être inférieur à 0,57 L/min (0,02 pi^3/min) ou à 4 % du taux d'échantillonnage, selon le moindre des deux. Si le taux de fuite est acceptable, prélever les échantillons.

Effectuer une post-analyse obligatoire d'étanchéité du système de mesure de la vélocité du gaz de cheminée en respectant la même procédure que celle recommandée pour la pré-analyse d'étanchéité.

5.2 Prélèvement d'échantillons

Déconnecter avec précaution la sonde de la ligne d'échantillonnage et sceller toutes les ouvertures. Sceller les ouvertures du cyclone de $MP_{2,5}$. Faire preuve de précaution en déplaçant les composants de la ligne du site d'analyse au site de prélèvement d'échantillon afin de réduire les risques de perte de matières particulaires recueillies ou de contamination.

Peser chaque composant qui a recueilli un condensé ou de l'humidité à une précision de 0,5 g et noter les résultats sur la feuille de données d'analyse d'humidité (figure G-6). Si l'analyse chimique du condensé est requise, transférer le condensé et les produits de rinçage correspondants dans un autre contenant. Sceller et étiqueter le contenant et marquer le niveau de liquide. Jeter ou recycler le gel de silice utilisé. Utiliser un marqueur à pointe fine pour marquer les niveaux sur tous les contenants.

Répartir les échantillons de la ligne de la façon suivante :

Rinçage du cyclone de $MP_{2,5}$ (contenants 1 et 2). Essuyer soigneusement toute trace visible de particules sur les surfaces extérieures de la buse et du cyclone. Laver et brosser les surfaces intérieures de la buse et du cyclone à l'aide d'environ 100 mL d'eau. Entreposer ces produits de rinçage dans le contenant 1. Il n'est pas nécessaire de tarer ce contenant. Ensuite, laver et brosser les surfaces intérieures de la buse et du cyclone à l'aide d'environ 100 mL d'acétone. Mettre ces produits de lavage dans le contenant 2. Il est nécessaire de tarer ce contenant ou de transférer quantitativement le contenu dans un contenant taré aux fins de détermination gravimétrique. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide.

Rinçage du tube de sortie du cyclone, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre (contenants 3 et 4). Laver et brosser les surfaces intérieures à l'aide d'environ 100 mL d'eau. Entreposer ces produits de rinçage dans le contenant 3. Il n'est pas nécessaire de tarer ce contenant. Ensuite, laver et brosser les surfaces intérieures à l'aide d'environ 100 mL d'acétone. Mettre ces produits de lavage dans le contenant 4. Il est nécessaire de tarer ce contenant ou de transférer quantitativement le contenu dans un contenant taré aux fins de détermination gravimétrique. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide.

Filtre (contenant 5). À l'aide d'une pince propre ou d'un rebord coupant, transférer le filtre en fibre de verre et toute matière libre qui pourrait adhérer au porte-filtre dans une boîte de Pétri. Sceller et étiqueter le contenant de l'échantillon.

Blanc (contenants 6 et 7). Mettre 100 mL d'eau et 100 mL d'acétone, provenant chacune directement du flacon-laveur correspondant utilisé, dans les contenants 6 et 7, respectivement. Il n'est pas nécessaire de tarer le contenant 6. Il est nécessaire de tarer le contenant 7 ou de transférer quantitativement le contenu dans un contenant taré après l'avoir reçu aux fins de détermination gravimétrique. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Pesée effectuée par : _____

Composant	Contenu	Poids (g)
Premier impacteur	100 mL d'eau désionisée ou distillée	Final _____ Initial _____ Gain _____ (a)
Deuxième impacteur	100 mL d'eau désionisée ou distillée	Final _____ Initial _____ Gain _____ (b)
Troisième impacteur	Vide	Final _____ Initial _____ Gain _____ (c)
Quatrième impacteur	~ 200 g de gel de silice	Final _____ Initial _____ Gain _____ (d)
Total du gain d'humidité = a + b + c + d		_____ g

Figure G-6 Feuille de données de l'analyse d'humidité

5.3 Analyse d'échantillons

Toutes les analyses doivent être effectuées dans un laboratoire propre muni d'une hotte. L'humidité relative de la pièce dans laquelle est effectuée la pesée doit être maintenue à au plus 50 %.

Contenants 1 et 2 (rinçage à l'eau et à l'acétone du cyclone de $MP_{2,5}$). Noter le niveau de liquide des contenants et déterminer si une fuite est survenue au cours du transport. En cas de perte d'échantillon, les résultats de $+MP_{2,5}$ sont invalides. Laisser évaporer complètement l'acétone du contenant 2 à la température ambiante sous une hotte. Transférer quantitativement le contenu du contenant 1 aux résidus du contenant 2. Placer le contenant ouvert dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse. Placer ensuite le contenant ouvert dans un dessiccateur pendant 24 heures. Peser jusqu'à ce que les mesures consécutives n'aient qu'un écart de 0,5 mg et noter le résultat à une précision de 0,1 mg sur la feuille de données analytiques des particules (Figure G-7). Les mesures consécutives doivent être effectuées à un intervalle d'au moins six heures.

Contenants 3 et 4 (rinçages à l'eau et à l'acétone du tube de sortie du cyclone, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre). Noter le niveau de liquide des contenants et déterminer si une fuite est survenue au cours du transport. En cas de perte d'échantillon, les résultats de $MP_{2,5}$ filtrables sont invalides. Laisser évaporer complètement l'acétone du contenant 4 à la température ambiante sous une hotte. Transférer quantitativement le contenu du contenant 3 aux résidus du contenant 4. Placer le contenant ouvert dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse. Placer ensuite le contenant ouvert dans un dessiccateur pendant 24 heures. Peser jusqu'à ce que les mesures consécutives n'aient qu'un écart de 0,5 mg et noter le résultat à une précision de 0,1 mg sur la feuille de données analytiques des particules (Figure G-7). Les mesures consécutives doivent être effectuées à un intervalle d'au moins six heures.

Contenant 5 (filtre). Transférer le filtre, toute matière particulaire libre et la matière du filtre de la boîte de Pétri dans une nacelle de pesée. Placer le contenant ouvert dans un dessiccateur pendant 24 heures. Peser jusqu'à ce que les mesures consécutives n'aient qu'un écart de 0,5 mg et noter le résultat à une précision de 0,1 mg sur la feuille de données analytiques des particules (Figure G-7). Les mesures consécutives doivent être effectuées à un intervalle d'au moins six heures.

Contenants 6 et 7 (blancs d'eau et d'acétone). Noter le niveau de liquide des contenants et déterminer si une fuite est survenue au cours du transport. En cas de perte d'échantillon, la correction par rapport au blanc est invalide. Laisser évaporer complètement l'acétone du contenant 7 à la température ambiante sous une hotte. Transférer quantitativement le contenu du contenant 6 aux résidus du contenant 7. Placer le contenant ouvert dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse. Placer ensuite le contenant ouvert dans un dessiccateur pendant 24 heures. Peser jusqu'à ce que les mesures consécutives n'aient qu'un écart de 0,5 mg et noter le résultat à une précision de 0,1 mg sur la feuille de données analytiques des particules (Figure G7). Les mesures consécutives doivent être effectuées à un intervalle d'au moins six heures.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Analyse effectuée par : _____

État des échantillons à la réception			
Contenant/ N° de bouteille		**Description**	**Observations**
1		Rinçages à l'eau et à l'acétone de la buse et du cyclone de $MP_{2,5}$	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
2			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
3		Rinçages à l'eau et à l'acétone du tube de sortie du cyclone, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
4			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
5		Filtre	Noter l'état
6		Blanc d'eau/d'acétone	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
7			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité

Composant de la ligne	Description	Poids final (mg)	Tare (mg)	Poids des particules (mg)
Contenant 2	+$MP_{2,5}$			(a)
Contenant 4 Contenant 5	$MP_{2,5}$ Filtre			(b) (c)
Contenant 7	Blanc d'eau/d'acétone			(d)

$MP_{2,5}$ filtrables	=	$P_{MP2,5} = (b - d) + c$ $P_{MP2,5}$ = _____ mg
Matières particulaires (filtrables) totales	=	$P_{MP} = a + (b - d) + c$ P_{MP} = _____ mg

Remarques :

– Le poids des blancs d'eau/d'acétone ne doit pas être supérieur à 2 mg.
– Ne pas faire d'ajustement par rapport aux valeurs négatives des blancs.
– Il n'est pas permis de faire d'ajustement par rapport au blanc lorsque les résidus de blancs ont un poids supérieur à 2 mg.
– La valeur de P_{MP} n'est valide que lorsque l'isocinétisme se situe entre 90 et 110 %.

Figure G-7 Feuille de données analytiques des particules

6. Calculs (Équations en unités SI)

Consulter l'annexe G pour les équations en unités impériales.

En cours d'analyse, les données doivent être saisies dans les unités des appareils d'échantillonnage de la ligne (unités impériales ou unités métriques de pratique courante). Les équations de la présente méthode utilisent les unités de pratique courante, afin de faciliter leur application et d'éviter les erreurs. Les résultats peuvent être convertis, au besoin, en unités précisées dans les normes ou les lignes directrices en vigueur. Le terme poids fait en réalité référence à la masse. L'abréviation « P » signifie poids (ou masse) pour éviter toute confusion avec « M » qui signifie la masse moléculaire (ou masse).

La limite de détection de la méthode en matière de détermination gravimétrique des résidus issus des bouteilles est de 0,42 mg. La valeur d'incertitude étendue totale (probabilité de 95 %) pour les matières particulaires filtrables (+$MP_{2,5}$ et $MP_{2,5}$) est de 1,0 mg. À partir de 15 paires de lignes toutes situées dans une usine de ciment de Portland, l'écart relatif est de 2,9 % pour les $MP_{2,5}$ et de 3,1 % pour les matières particulaires filtrables.

Viscosité du gaz de cheminée. On calcule la viscosité du gaz de cheminée μ_c à l'aide de l'équation G-1.

$$\mu_s = C_1 + C_2\sqrt{T_s} + C_3 T_s^{\,2} + C_4 \%O_{2,w} - C_5 B_{wo} + C_6 B_{wo} T_s^{\,2}$$ **Équation G-1**

où :
C_1 = -150,3162 (micropoises)
C_2 = 18,0614 (micropoises/$K^{0,5}$)
C_3 = 1,19183 x 10^{6} (micropoises/K^2)
C_4 = 0,591123 (micropoises)
C_5 = 91,9723 (micropoises)
C_6 = 4,91705 x 10^{-5} (micropoises/K^2)

Étant donné qu'on mesure généralement la concentration en oxygène du gaz de cheminée sur une base sèche, il faut utiliser la relation suivante pour calculer le pourcentage d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base humide.

$\%O_{2,h} = (1-B_{wo}) \times \%O_{2,s}$

Facteur de correction de Cunningham. On calcule le facteur de correction de Cunningham à l'aide de l'équation G-2. Établir la valeur de D_{50} à 2,5.

$$C = 1 + (2,5985 \times 10^{-2})\left(\frac{\mu_s}{P_s D_{50}}\right)\left(\frac{T_s}{M_s}\right)^{0,5}$$ **Équation G-2**

Nombre de Reynolds du cyclone. On calcule le nombre de Reynolds dans les conditions d'échantillonnage à l'aide de l'équation G-3.

$$\mathrm{Re} = 5005,65\left[\frac{P_s M_s Qbuse}{\mu_s T_s}\right]$$ **Équation G-3**

Q_{buse} est le produit de la vélocité réelle à la buse pour chacun des points de section, de l'aire de la buse et du facteur d'ajustement pour l'isocinétisme afin de respecter le seuil de D_{50}.

Seuil du cyclone. Pour un débit d'échantillon et un nombre de Reynolds donnés, on calcule le seuil du cyclone de $MP_{2,5}$ à l'aide de l'équation G-4 ou G-5.

Si le nombre de Reynolds est inférieur à 3 162, il faut utiliser l'équation G-4.

$$D_{50} = 0{,}4273\left(\frac{\mu_s}{Q_{buse}}\right)^{1{,}1791}\left(\frac{1}{C}\right)^{0{,}5}\left(\frac{T_s}{P_s M_s}\right)^{0{,}6790}$$ **Équation G-4**

Si le nombre de Reynolds est supérieur à 3 162, il faut utiliser l'équation G-5.

$$D_{50} = 0{,}5071\left(\frac{\mu_s}{Q_{buse}}\right)^{0{,}8058}\left(\frac{1}{C}\right)^{0{,}5}\left(\frac{T_s}{P_s M_s}\right)^{0{,}3058}$$ **Équation G-5**

Volume de l'échantillon de gaz de cheminée. Ajuster le volume total d'échantillon mesuré par le compteur de gaz en fonction des conditions de référence en matière de température et de pression (298 K et 101,325 kPa) à l'aide de l'équation G-6.

$$(V_m)_{réf} = \gamma V_m \frac{T_{ref}\left(P_{bar} + \Delta H_{moy}\right)}{(T_m)_{moy} P_{réf}}$$ **Équation G-6**

Volume de vapeur d'eau. Calculer le volume de vapeur d'eau dans l'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-7.

$$(V_w)_{réf} = 0{,}00136\, P_{H_2O}$$ **Équation G-7**

Taux d'humidité du gaz de cheminée. Calculer la fraction volumétrique de la vapeur d'eau dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-8.

$$B_{wo} = \frac{(V_w)_{réf}}{(V_w)_{réf} + (V_m)_{réf}}$$ **Équation G-8**

Dans le cas de gaz de cheminée saturé ou sursaturé, déterminer la valeur de B_{wo} à l'aide d'un diagramme psychrométrique ou d'une équation.

Pression absolue du gaz de cheminée. Calculer la pression absolue du gaz de cheminée à l'aide de l'équation G-9.

$$P_s = P_{bar} + \Delta p_s$$ **Équation G-9**

Masse moléculaire du gaz de cheminée. Calculer la masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base humide à l'aide de l'équation G-10.

$$M_s = M_d\left(1 - B_{wo}\right) + 18B_{wo}$$ **Équation G-10**

Remarque : Calculer la M_d à l'aide de l'équation C-2 ou C-3 de la méthode C.

Vélocité du gaz de cheminée. Calculer la vélocité du gaz de cheminée mesurée à chaque point de section à l'aide de l'équation G-11.

$$U_S = 128{,}95 C_p\left(\frac{\Delta p T_s}{P_s M_s}\right)^{1/2}$$ **Équation G-11**

Débit volumétrique du gaz de cheminée. Calculer le débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-12.

$$Q_s = 3600(U_s)_{moy} A_s (1 - B_{wo}) \frac{T_{réf} P_s}{(T_s)_{moy} P_{réf}} C_{BF}$$ **Équation G-12**

Ajuster l'aire de la coupe transversale de la cheminée en fonction de l'aire moyenne bloquée par la taille de l'assemblage de la tête et de la sonde des $MP_{2,5}$ au cours d'une analyse. Dans le cas des cheminées et des sondes cylindriques de diamètre standard (2,5 cm, 1 po), ajuster la coupe transversale de la cheminée à l'aide du facteur indiqué dans la figure G-8.

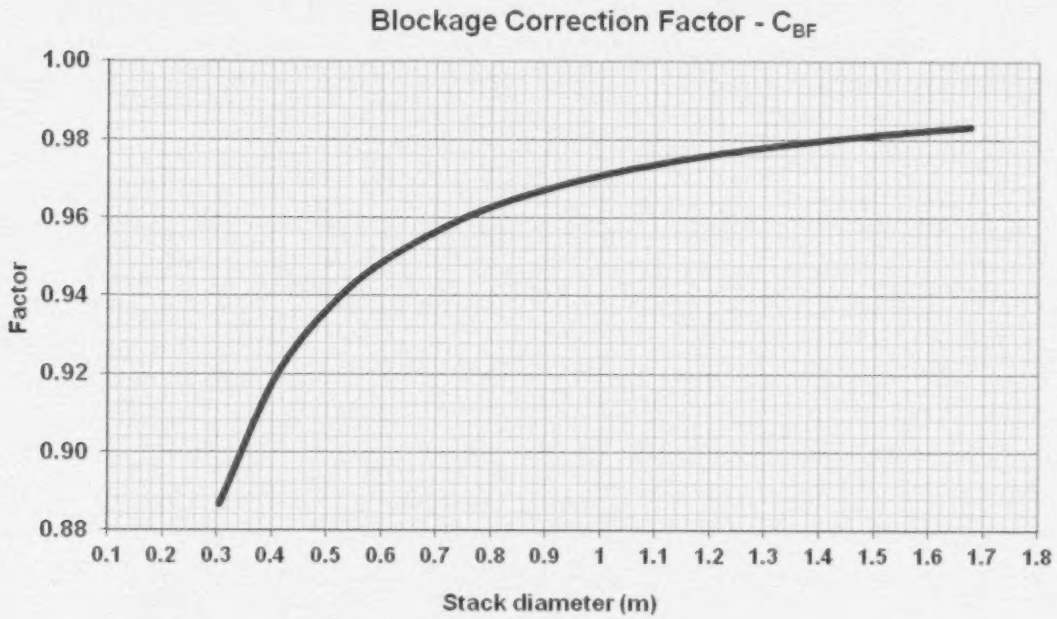


Figure G-8 Facteur de correction de blocage (C_{FB})

Concentration des $MP_{2,5}$. Déterminer la concentration des $MP_{2,5}$ dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-13. Le $P_{MP2,5}$ est la somme des résidus du tube de sortie du cyclone, de la sonde, du rinçage de la moitié avant et du filtre, ajustés par rapport au blanc.

$$C_{MP2,5} = \frac{P_{MP2,5}}{(V_m)_{réf}}$$ **Équation G-13**

Concentration des matières particulaires. Déterminer la concentration des matières particulaires dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-14. Le P_{MP} est la somme des résidus de tous les éléments de la moitié avant.

$$C_{MP} = \frac{P_{MP}}{(V_m)_{réf}}$$ **Équation G-14**

Débit massique d'émission. Déterminer le débit massique d'émission des $MP_{2,5}$ ou des MP à l'aide de l'équation G-15.

$$ER_{MP2,5} \text{ ou } ER_{MP} = 10^{-6}(C_{MP2,5} \text{ ou } C_{MP})Q_s$$

Équation G-15

Isocinétisme. Vérifier l'isocinétisme à chaque point de section à l'aide de l'équation G-16.

$$I = \frac{\gamma \dfrac{(V_m)_f}{t} \dfrac{1}{(1-B_{wo})} (P_{bar} + \Delta H) T_s}{6 \times 10^{-5} \left(\dfrac{\pi}{4}\right) (N_d)^2 (T_m)_{moy} P_s U_s} \times 100$$

Équation G-16

Une analyse d'essai des $MP_{2,5}$ devrait être considérée comme valide en ce qui concerne l'isocinétisme et la superficie des coupes si :

a) Au moins 90 % des valeurs d'isocinétisme, I, calculées pour toutes les mesures, se trouvent dans un intervalle de 80 % à 120 %, c.-à-d. 80 % ≤ I ≤ 120 %.
b) La moyenne arithmétique de toutes les valeurs d'isocinétisme se trouve dans un intervalle de 80 % à 120 %, c.-à-d. 80 % ≤ I ≤ 120 %.
c) Au moins 90 % des seuils de diamètre du cyclone calculés pour toutes les mesures se trouvent dans un intervalle de 2,25 à 2,75 microns, c.-à-d. 2,25 microns ≤ seuil de diamètre ≤ 2,75 microns.
d) La moyenne arithmétique de tous les seuils de diamètre de cyclone se trouve dans un intervalle de 2,25 à 2,75 microns, c.-à-d. 2,25 microns ≤ seuil de diamètre ≤ 2,75 microns.

Une analyse d'essai des matières particulaires devrait être considérée comme valide en ce qui concerne l'isocinétisme si :

e) Au moins 90 % des valeurs d'isocinétisme, I, calculées pour toutes les mesures, se trouvent dans un intervalle de 90 % à 110 %, c.-à-d. 90 % ≤ I ≤ 110 %.
f) La moyenne arithmétique de toutes les valeurs d'isocinétisme se trouve dans un intervalle de 90 % à 110 %, c.-à-d. 90 % ≤ I ≤ 110 %.

7. Nomenclature

A_s – aire de la coupe transversale intérieure d'une cheminée ou d'un conduit, en m^2

B_{wo} – proportion d'eau par volume dans le gaz de cheminée, adimensionnelle

C_{FB} – facteur de correction de blocage moyen, adimensionnel

C_p – coefficient du tube de Pitot, adimensionnel

$C_{MP2,5}$ – concentration de $MP_{2,5}$ dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3

C_{MP} – concentration des matières particulaires filtrables dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3

$DE_{MP2,5}$ – débit d'émission des $MP_{2,5}$ filtrables, en kg/h

DE_{MP} – débit d'émission des matières particulaires filtrables, en kg/h

D_{50} – seuil du cyclone de $MP_{2,5}$ aux conditions d'echantillonnage

ΔH – perte de pression à travers le débitmètre à orifice pour chaque point de section, en kPa

I – isocinétisme, c.-à-d. le rapport entre la vélocité de l'échantillonnage dans la buse et la vélocité du flux gazeux non perturbé à chaque point de section, en %

j – le j^e point de section, adimensionnel

M_s – masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base humide, en kg/kmol

M_d – masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base sèche, en kg/kmol

N_d – diamètre intérieur de la buse d'échantillonnage, en mm

$\%O_{2,s}$ – concentration d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base sèche, en %(v/v)

$\%O_{2,h}$ – concentration d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base humide, en %(v/v)

Δp – pression dynamique du gaz de cheminée à chaque point de section, en kPa

Δp_s – pression statique de la cheminée, en kPa

P_{bar} – pression barométrique au site d'échantillonnage, en kPa

$P_{réf}$ – pression de référence, 101,325 kPa

P_s – pression absolue du gaz de cheminée, en kPa

Q_{buse} – débit volumétrique ajusté pour l'isocinétisme du gaz dans la buse dans les conditions d'entrée, en L/m

Q_s – débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3/h

t – temps total d'analyse par mesure, en min

$(T_m)_{moy}$ – moyenne arithmétique des températures des compteurs à gaz type sec d'entrée et de sortie à chaque point de section, en K

$T_{réf}$ – température de référence, 298 K

T_s – température du gaz de cheminée à chaque point de section, en K

$(T_s)_{moy}$ – moyenne arithmétique des températures du gaz de cheminée, en K

U_s – vélocité du gaz de cheminée à chaque point de section, en m/s

$(U_s)_{moy}$ – moyenne arithmétique des vélocités du gaz de cheminée, en m/s

V_m – volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions du compteur à gaz type sec, en m^3

$(V_m)_j$ – volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions du compteur à gaz type sec, au j^e point de section, en m^3

$(V_m)_{réf}$ – volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3

$(V_w)_{réf}$ – volume de vapeur d'eau dans les conditions de référence, en m^3

P_{H2O}	– poids de l'eau condensée dans les impacteurs, en g
$P_{MP2,5}$	– poids des $MP_{2,5}$ filtrables recueillies au cours de l'analyse, en mg
P_{MP}	– poids des matières particulaires filtrables recueillies au cours de l'analyse, en mg
μ_s	– viscosité du gaz de cheminée, en micropoises
π	– pi, 3,14159
γ	– facteur de correction du compteur de gaz type sec, adimensionnel
0,00136	– m^3 de vapeur d'eau/g d'eau
18	– masse moléculaire de l'eau, en kg/kmol
128,95	– constante dimensionnelle, en $(m/s)[(kg/kmol)/K]^{1/2}$
3 600	– facteur de conversion, en secondes par heure, s/h
10^{-6}	– conversion, en kg/mg
6×10^{-5}	– facteur de conversion, en $(m^2/mm^2)(s/min)$

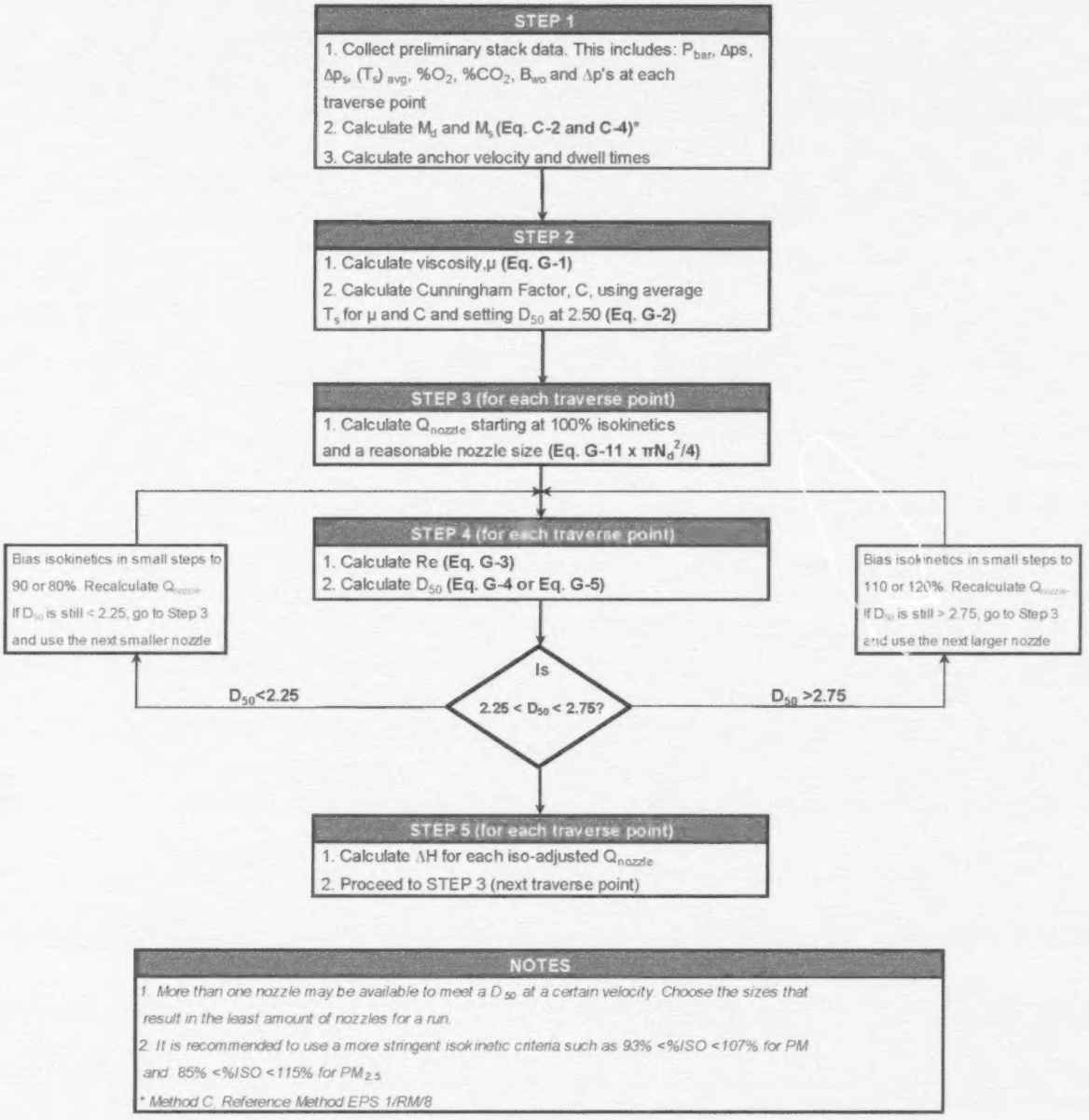


Figure G-9 Tableau de prise de décisions pour établir le taux d'échantillonnage pour le D_{50}

Page _____de _____

FEUILLE DE DONNÉES D'ÉCHANTILLONNAGE ISOCINÉTIQUE – $MP_{2,5}$

Usine et emplacement		N° d'analyse		Date		Heure de début	
Site d'échantillonnage (source)		Méthode		Opérateur(s)		Heure de fin	

Diamètre de la cheminée	m	Vérification du débit cyclonique?		Schéma de la cheminée/du conduit	Pression barométrique (P_b)	kPa			
Type de filtre primaire		Oui	Non		Pression statique ($\triangle p_s$)	kPa			
Type de filtre secondaire		Angle moyen °			Coefficient de Pitot (C_p)				
Matière du revêtement		**Processus stable?**			Coefficient du compteur (γ)				
N° de buse	Diam. mm				Coefficient du débitmètre (K_o)				
N° de buse	Diam. mm	**Capacité ___%**			ou DH@	kPa			
N° de buse	Diam. mm				Humidité (B_{wo})				
Analyse de fuite initiale	L/min @	380 mm Hg de vide			CO_2 (%)				
Analyse de fuite finale	L/min @	mm Hg de vide			O_2 (%)				

Section

N° point	N° buse	Temps de rétention (min)	Mesure du compteur de gaz type sec (L)	Vélocité Pression $\triangle p$ (kPa)	Pression du débitmètre $\triangle H$ (kPa)	Températures (°C)							Vide de la pompe (mm Hg)
						Gaz de cheminée	Sonde	Filtre primaire	Filtre secondaire	Dernier impacteur	Entrée du CGS	Sortie du CGS	

Figure G-10 Feuille de données d'échantillonnage des particules

ANNEXE G : Équations en unités impériales

Viscosité du gaz de cheminée : On calcule la viscosité du gaz de cheminée μ_c à l'aide de l'équation G-1.

$$\mu_s = C_1 + C_2\sqrt{T_s} + C_3\,T_s^{-2} + C_4\,\%O_{2,w} - C_5\,B_{wo} + C_6\,B_{wo}T_s^2$$ **Équation G-1**

où :
C_1 = -150,3162 (micropoises)
C_2 = 13,4622 (micropoises/$R^{0,5}$)
C_3 = 3,86153 x 10^6 (micropoises/R^2)
C_4 = 0,591123 (micropoises)
C_5 = 91,9723 (micropoises)
C_6 = 1.51761 x 10^{-5} (micropoises/R^2)

Étant donné qu'on mesure généralement la concentration en oxygène du gaz de cheminée sur une base sèche, il faut utiliser la relation suivante pour calculer le pourcentage d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base humide.

$\%O_{2,h} = (1-B_{wo}) \times \%O_{2,s}$

Facteur de correction de Cunningham. On calcule le facteur de correction de Cunningham à l'aide de l'équation G-2. Établir la valeur de D_{50} à 2,5.

$$C = 1 + (5{,}7193 \times 10^{-3})\left(\frac{\mu_s}{P_s D_{50}}\right)\left(\frac{T_s}{M_s}\right)^{0,5}$$ **Équation G-2**

Nombre de Reynolds du cyclone. On calcule le nombre de Reynolds dans les conditions d'échantillonnage à l'aide de l'équation G-3.

$$\mathrm{Re} = 8{,}640 \times 10^5 \frac{P_s M_s Qbuse}{\mu_s T_s}$$ **Équation G-3**

Q_{buse} est le produit de la vélocité réelle à la buse pour chacun des points de section, de l'aire de la buse et du facteur d'ajustement pour l'isocinétisme afin de respecter le seuil de D_{50}.

Seuil du cyclone. Pour un débit d'échantillon et un nombre de Reynolds donnés, on calcule le seuil de taille des $MP_{2,5}$ à l'aide de l'équation G-4 ou G-5.

Si le nombre de Reynolds est inférieur à 3 162, il faut utiliser l'équation G-4.

$$D_{50} = 2{,}4302 \times 10^{-3}\left(\frac{\mu_s}{Qbuse}\right)^{1,1791}\left(\frac{1}{C}\right)^{0,5}\left(\frac{T_s}{P_s M_s}\right)^{0,6790}$$ **Équation G-4**

Si le nombre de Reynolds est supérieur à 3 162, il faut utiliser l'équation G-5.

$$D_{50} = 1{,}9723 \times 10^{-2}\left(\frac{\mu_s}{Q_{buse}}\right)^{0,8058}\left(\frac{1}{C}\right)^{0,5}\left(\frac{T_s}{P_s M_s}\right)^{0,3058}$$ **Équation G-5**

Volume de l'échantillon de gaz de cheminée. Ajuster le volume total d'échantillon mesuré par le compteur de gaz en fonction des conditions de référence en matière de température et de pression (77 °F et 29,92 po Hg) à l'aide de l'équation G-6.

$$(V_m)_{réf} = \gamma V_m \frac{T_{réf}\left(P_{bar} + \frac{\Delta H_{moy}}{13,6}\right)}{(T_m)_{moy} P_{réf}}$$ **Équation G-6**

Volume de vapeur d'eau. Calculer le volume de vapeur d'eau dans l'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-7.

$$(V_w)_{réf} = 0,048\, P_{H_2O}$$ **Équation G-7**

Taux d'humidité du gaz de cheminée. Calculer la fraction volumétrique de la vapeur d'eau dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-8.

$$B_{wo} = \frac{(V_w)_{réf}}{(V_w)_{réf} + (V_m)_{réf}}$$ **Équation G-8**

Dans le cas de gaz de cheminée saturé ou sursaturé, déterminer la valeur de B_{wo} à l'aide d'un diagramme psychrométrique.

Pression absolue du gaz de cheminée. Calculer la pression absolue du gaz de cheminée à l'aide de l'équation G-9.

$$P_s = P_{bar} + \frac{\Delta p_s}{13,6}$$ **Équation G-9**

Masse moléculaire du gaz de cheminée. Calculer la masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base humide à l'aide de l'équation G-10.

$$M_s = M_d(1 - B_{wo}) + 18B_{wo}$$ **Équation G-10**

Remarque : Calculer la M_d à l'aide de l'équation C-2 ou C-3 de la méthode C.

Vélocité du gaz de cheminée. Calculer la vélocité du gaz de cheminée mesurée à chaque point de section à l'aide de l'équation G-11.

$$U_S = 85,52 C_p \left(\frac{\Delta p T_s}{P_s M_s}\right)^{1/2}$$ **Équation G-11**

Débit volumétrique du gaz de cheminée. Calculer le débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-12.

$$Q_s = 3600(U_s) A_s (1 - B_{wo}) \left(\frac{T_{réf} P_s}{(T_s)_{moy} P_{réf}}\right) C_{BF}$$ **Équation G-12**

Ajuster l'aire de la coupe transversale de la cheminée en fonction de l'aire moyenne bloquée par la taille de l'assemblage de la tête et de la sonde des $MP_{2,5}$ au cours d'une analyse. Dans le cas des cheminées et des sondes cylindriques de diamètre standard (2,5 cm, 1 po), ajuster la coupe transversale de la cheminée à l'aide du facteur indiqué dans la figure G-11.

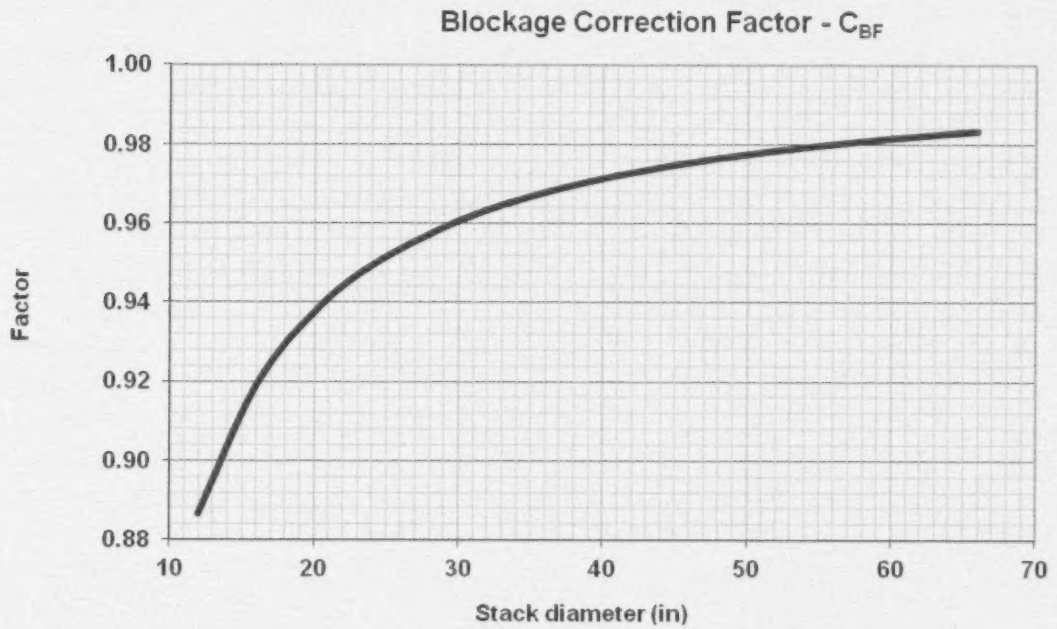


Figure G-11 Facteur de correction de blocage (C_{FB}, système impérial)

Concentration des $MP_{2,5}$. Déterminer la concentration des $MP_{2,5}$ dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-13. Le $MP_{2,5}$ est la somme des résidus du tube de sortie du cyclone, de la sonde, du rinçage de la moitié avant et du filtre, ajustés par rapport au blanc.

$$C_{MP2,5} = \frac{P_{MP2,5}}{(V_m)_{réf}}$$ **Équation G-13**

Concentration des matières particulaires (MP). Déterminer la concentration des MP dans le gaz de cheminée dans les conditions de référence à l'aide de l'équation G-14. Le P_{MP} est la somme des résidus de tous les éléments de la moitié avant.

$$C_{MP} = \frac{P_{MP}}{(V_m)_{réf}}$$ **Équation G-14**

Débit massique d'émission. Déterminer le débit massique d'émission des $MP_{2,5}$ ou des matières particulaires à l'aide de l'équation G-15.

$$ER_{MP2,5} \text{ ou } ER_{MP} = 10^{-6} (C_{MP2,5} \text{ ou } C_{MP}) Q_s$$ **Équation G-15**

Isocinétisme. Vérifier l'isocinétisme à chaque point de section à l'aide de l'équation G-16.

$$I = \frac{\gamma \dfrac{(V_m)_j}{t} \dfrac{1}{(1-B_{wo})} \left(P_{bar} + \dfrac{\Delta H}{13{,}6}\right) T_s}{0{,}4167 \left(\dfrac{\pi}{4}\right) (N_d)^2 (T_m)_{moy} P_s U_s} \times 100$$

Équation G-16

Nomenclature

A_s – aire de la coupe transversale intérieure d'une cheminée ou d'un conduit, en pi^2

B_{wo} – proportion d'eau par volume dans le gaz de cheminée, adimensionnelle

C_{FB} – facteur de correction de blocage moyen, adimensionnel

C_p – coefficient du tube de Pitot, adimensionnel

$C_{MP2,5}$ – concentration de $MP_{2,5}$ dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/pi^3

C_{MP} – concentration des matières particulaires filtrables dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/pi^3

D_{50} – seuil du cyclone de $MP_{2,5}$ aux conditions d'echantillonnage

$DE_{MP2,5}$ – débit d'émission des $MP_{2,5}$ filtrables, en kg/h

DE_{MP} – débit d'émission des matières particulaires filtrables, en kg/h

ΔH – perte de pression à travers le débitmètre à orifice pour chaque point de section, en po H_2O

I – isocinétisme, c.-à-d. le rapport de la vélocité de l'échantillonnage dans la buse sur la vélocité du flux gazeux non perturbé à chaque point de section, en %

j – le j^e point de section, adimensionnel

M_s – masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base humide, en lb/lb-mole

M_d – masse moléculaire du gaz de cheminée sur une base sèche, en lb/lb-mole

N_d – diamètre intérieur de la buse d'échantillonnage, en po

$\%O_{2,s}$ – concentration d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base sèche, en %(v/v)

$\%O_{2,h}$ – concentration d'oxygène dans le gaz de cheminée sur une base humide, en %(v/v)

Δp – pression dynamique du gaz de cheminée à chaque point de section, en po H_2O

Δp_s – pression statique du gaz de cheminée à chaque point de section, en po $'H_2O$

P_{bar} – pression barométrique au site d'échantillonnage, en po Hg

$P_{réf}$ – pression de référence, 29,92 po Hg

P_s – pression absolue du gaz de cheminée, en po Hg

Q_{buse}	– débit volumétrique ajusté pour l'isocinétisme du gaz dans la buse dans les conditions d'entrée, en pi^3/min
Q_s	– débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en pi^3/h
t	– temps total d'analyse par mesure, en min
$(T_m)_{moy}$	– moyenne arithmétique des températures des compteurs à gaz type sec d'entrée et de sortie à chaque point de section, en R
$T_{réf}$	– température de référence, 537 R
T_s	– température du gaz de cheminée à chaque point de section, en R
$(T_s)_{moy}$	– moyenne arithmétique des températures du gaz de cheminée, en R
U_s	– vélocité du gaz de cheminée à chaque point de section, en pi/s
$(U_s)_{moy}$	– moyenne arithmétique des vélocités du gaz de cheminée, en pi/s
V_m	– volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions du compteur à gaz type sec, en pi^3
$(V_m)_j$	– volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions du compteur à gaz type sec, au j^e point de section, en pi^3
$(V_m)_{réf}$	– volume d'échantillon de gaz de cheminée dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en pi^3
$(V_w)_{réf}$	– volume de vapeur d'eau dans les conditions de référence, en pi^3
P_{H2O}	– poids de l'eau condensée dans les impacteurs, en g
$P_{MP2,5}$	– poids des $MP_{2,5}$ filtrables recueillies au cours de l'analyse, en mg
P_{MP}	– poids des matières particulaires filtrables recueillies au cours de l'analyse, en mg
μ_s	– viscosité du gaz de cheminée, en micropoises
π	– pi, 3,14159
γ	– facteur de correction du compteur de gaz type sec, adimensionnel
13,6	– facteur de conversion, po H_2O/po Hg
0,048	– pi^3 de vapeur d'eau/g d'eau
18	– masse moléculaire de l'eau, 18 lb/lb-mole
85,52	– constante dimensionnelle, en (pi/s)[(po Hg x lb/lb-mole)/(po H_2O x R)]$^{1/2}$
3 600	– facteur de conversion, en secondes par heure
0,4167	– facteur de conversion, en (s/min)(pi^2/po^2)
10^{-6}	– conversion, en kg/mg

Méthode H : Détermination des matières particulaires condensables (MPC)

1. Applicabilité

On utilise la présente méthode pour mesurer les matières particulaires condensables (MPC) émises à partir de sources fixes. Les matières particulaires condensables sont des matières en phase gazeuse dans les conditions de cheminée, mais qui forment immédiatement un solide ou un liquide à température ambiante plus froide lorsque les gaz de cheminée sont rejetés dans l'air. Les matières particulaires condensables sont des matières qui se condensent à une température près de la température ambiante de la présente méthode après avoir traversé un filtre maintenu à une température de 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F) Les matières particulaires condensables sont considérées comme des $MP_{2,5}$.

La présente méthode est utilisée de concert avec les méthodes du rapport SPE 1/RM/8 de décembre 1993, « *Standard Reference Method for Source Testing: Measurement of Releases of Particulate from Stationary Sources.* », et elle est assujettie à leurs limites en matière de conditions du gaz de cheminée.

2. Principe

On retire la matière particulaire de la cheminée et on la filtre à une température de 120 ± 14°C (248 ± 25 °F). On refroidit ensuite l'échantillon de gaz filtré dans un condenseur à serpentin à double paroi à eau glacée et toute humidité qui se condense est recueillie dans un purgeur d'eau de condensation ou un impacteur sans tige. On ajoute de l'éthanol à cet impacteur pour inhiber l'oxydation du SO_2 qui peut être dissout dans le condensé. Tout aérosol formé par le refroidissement de l'échantillon de gaz est recueilli par un filtre secondaire ou un filtre de brouillard maintenu à température ambiante. Après l'analyse, on récupère quantitativement l'échantillon et on extrait le condensé à l'aide de dichlorométhane (DCM). On évapore la fraction organique à la température ambiante, tandis qu'on évapore presque complètement la fraction aqueuse dans un four à 105 °C (220 °F). On termine les deux séchages dans un dessiccateur et on pèse les résidus.

L'échantillonnage isocinétique signifie que la vélocité du gaz qui entre dans la buse d'échantillonnage est la même que celle du flux gazeux non perturbé au point d'échantillonnage.

Trois analyses valides sont exigées pour déterminer les matières particulaires condensables. Chaque analyse doit avoir une durée d'au moins deux heures et récupérer au moins 1,7 m^3 (60 pi^3) de gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence. La présente méthode n'a pas été évaluée au-delà de durées d'échantillonnage de quatre heures et d'une récupération de plus de 250 g de condensé. Si une de ces conditions s'applique, communiquer avec Environnement Canada.

3. Appareils

3.1 Prélèvement d'échantillons

Les éléments nécessaires au prélèvement d'échantillons sont semblables à ceux de la méthode G, en plus de ceux qui suivent :

Condenseur. Condenseur de verre à serpentin muni d'une paroi de refroidissement par eau et de joints à rotule aux extrémités, pouvant refroidir le flux d'échantillon à au plus 30 °C, mesuré par le capteur installé dans le porte-filtre secondaire. Les condenseurs horizontaux et verticaux sont tous deux acceptables. On utilise l'eau du bain de glace pour refroidir le condenseur.

Pompe à eau. Pompe qui permet de faire circuler l'eau glacée dans la paroi à eau du condenseur.

Purgeur de vapeur d'eau. Un impacteur Greenburg Smith sans tige ni purgeur de vapeur d'eau en verre est nécessaire pour recueillir l'eau expulsée dans le condenseur en amont.

Impacteurs. Trois impacteurs Greenburg-Smith sont connectés en série. Les deuxième et troisième impacteurs sont modifiés en remplaçant les embouts et les plaques d'impaction de conception standard par un tube de verre de diamètre intérieur de 13 mm (0,5 po) et descendant jusqu'à 13 mm (0,5 po) du bas de l'impacteur. Le premier impacteur est doté de l'embout et de la plaque d'impaction standard. Les impacteurs se trouvent dans un bain de glace au cours de l'échantillonnage. Un capteur de température capable de mesurer à une précision de 1 °C (2 °F) doit être placé à l'orifice de sortie du dernier impacteur.

Porte-filtre secondaire (de brouillard). Porte-filtre en verre muni d'un support de Téflon pouvant porter un filtre de membrane de plus de 47 mm, et d'un support de filtre inerte (planche de Téflon, planche perforée en acier inoxydable) avec des surfaces d'étanchéité souples pour prévenir les fuites de gaz dans le filtre ou autour du filtre. On recommande un support de filtre en Téflon ainsi que des joints toriques en fluoropolymères. La moitié arrière du porte-filtre secondaire doit être munie d'un thermocouple pour mesurer la température du compartiment à une précision de 1 °C (2 °F).

Le porte-filtre secondaire se situe au-dessus des impacteurs. Il peut être nécessaire de chauffer le porte-filtre secondaire pour prévenir le gel et d'être bouché si l'analyse est effectuée à une température ambiante inférieure à zéro. Toutefois, dans ce cas, la température du filtre secondaire ne doit pas excéder 30 °C.

Pipette. Pipette graduée permettant de mesurer de un à cinq mL de liquide.

3.2 Prélèvement d'échantillons

Les éléments nécessaires au prélèvement d'échantillons sont semblables à ceux de la méthode G.

4. Réactifs et matériel

4.1 Prélèvement d'échantillons

Eau. L'eau de qualité CLHP pour le rinçage et le prélèvement d'échantillons doit avoir des résidus d'évaporation d'au plus 0,001 % en poids.

Éthanol. Éthanol de qualité réactif pour inhiber l'oxydation du SO_2 qui peut être dissout dans le condensé. Alcool dénaturé ou absolu dont les résidus d'évaporation représentent au plus 0,001 % en poids.

Filtre. Filtre en fibre de verre traité à la chaleur et exempt de liant organique d'un diamètre compatible avec le porte-filtre et d'une efficacité d'au moins 99,95 % pour des particules de 0,3 µm conformément à la version la plus récente de la norme ASTM D2986. Les données d'analyse du filtre fournies par le fabricant sont suffisantes. La matière du filtre doit être inerte sur le plan chimique par rapport aux composants du gaz de cheminée comme le dioxyde de soufre (SO_2). Selon la nature de la source et les analyses requises, d'autres types de filtres peuvent être utilisés, sous réserve de l'approbation d'Environnement Canada.

Le filtre doit être séché jusqu'à un poids constant avant son utilisation, ce qui peut être fait en séchant le filtre pendant au moins 24 heures en présence de gel de silice ou d'un dessiccant équivalent à 20 ± 6 °C (68 ± 10 °F). Il faut peser le filtre à une précision de 0,1 mg à intervalles de six heures ou plus dans une pièce où l'humidité relative est d'au plus 50 %. La pesée doit être effectuée en moins de deux minutes après avoir retiré le filtre du dessiccateur. Le poids constant est atteint lorsque la différence entre deux mesures consécutives est inférieure à 0,5 mg. Au cours du transport vers le site d'échantillonnage, il faut placer le filtre pré-pesé dans une boîte de Pétri propre et identifiée.

Filtre de membrane en polymère. Le filtre de brouillard doit être exempt de fibre, d'une efficacité d'au moins 99,95 % pour les particules de 0,3 micron et avoir un diamètre minimal de 47 mm. Les données d'analyse du filtre fournies par le fabricant sont suffisantes. Il n'est pas nécessaire de tarer ces filtres ni d'en mesurer le poids final.

Boîtes de Pétri. Boîtes de Pétri en verre ou en plastique d'une taille plus grande que le filtre. Chaque analyse nécessite deux boîtes de Pétri : une pour le filtre de fibre de verre et l'autre pour le filtre de brouillard.

4.2 Prélèvement d'échantillons

Eau. Tel qu'il est indiqué dans la section 4.1.

Acétone. L'acétone de qualité réactif pour le rinçage et le prélèvement d'échantillons doit avoir des résidus d'évaporation pesant au plus 0,001 %.

Dichlorométhane (DCM). Le dichlorométhane de qualité distillée dans du verre pour l'extraction des matières particulaires condensables et le rinçage doit avoir des résidus d'évaporation pesant au plus 0,001 %. Le dichlorométhane peut être remplacé par de l'hexane de qualité distillée dans du verre **seulement** lorsqu'il est interdit par l'usine, la province ou le territoire.

> ***Avertissement : Il faut prendre des précautions pour manipuler du dichlorométhane sur le terrain. Il faut s'assurer que l'espace de prélèvement est bien ventilé et utiliser un appareil respiratoire lors de la manipulation de ce solvant. Pour manipuler le dichlorométhane, porter deux paires de gants de nitrile l'une sur l'autre.***

Hydroxyde d'ammonium. Solution volumétrique de NH_4OH à 0,1 N, normalisé par rapport au produit de référence du National Institute of Standards and Technology, ou l'équivalent.

Bouteilles d'échantillons. Bouteilles d'échantillons à goulot large et chimiquement inertes, d'une capacité de 250 mL pour entreposer les produits de rinçages de la buse, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre. Pour les matières particulaires condensables, utiliser des bouteilles d'échantillons de verre à goulot large chimiquement inertes, dont la capacité est compatible au volume de rinçage des composants de la ligne à l'aide d'eau de qualité CLHP et de solvant. Pour déterminer la gravimétrie finale, utiliser des bouteilles tarées de 250 mL qui ont le même numéro de catalogue du fournisseur. On recommande d'utiliser des bouteilles pré-étiquetées.

Indicateur de pH. Un pH-mètre calibré ou des bandes de papier indicateur de pH.

Fioles à extraction et sonicateur. Fioles transparentes d'une capacité de 40 mL et un bain de sonication capable de fournir une fréquence de 20 kHz.

Ampoules à décantation. Ampoules à décantation en verre borosilicaté d'une capacité de 500 mL à 2 L munies d'un robinet de PTFE et d'un bouchon.

Étuve de séchage. Four thermocommandé ventilé capable de maintenir une température de 105 °C (221 °F) à une précision de 3 °C (5 °F).

5. Procédures

5.1 Tarage

Placer les bouteilles d'échantillon étiquetées dans un four pendant au moins six heures à 105 °C. Puis, transférer les bouteilles dans un dessiccateur qui contient du gel de silice ou un dessiccant équivalent pendant au moins six heures.

Calibrer la balance et noter le temps, l'humidité relative, la pression atmosphérique, la masse d'un poids NBS de classe S (ou l'équivalent) de 200 g, de la bouteille de référence ainsi que de chaque bouteille de l'ensemble. Une des bouteilles servira de poids de référence pour tout l'ensemble. Ajuster le poids de chaque bouteille en fonction de la bouteille de référence (poids de référence).

La bouteille de référence sert d'indicateur d'effet de flottabilité du volume de verre dans les bouteilles. L'effet de flottabilité dépend de la température, de la pression barométrique et de l'humidité relative, qui ont une influence sur la densité de l'air déplacé par le verre dans la bouteille. Cet effet augmente ou diminue le poids apparent de la bouteille. Le suivi du poids apparent de la bouteille de référence permet de corriger l'effet de flottabilité. On utilise le changement du poids apparent de la bouteille de référence pour corriger le poids des bouteilles qui contiennent des résidus.

Après une période d'au moins six heures, recalibrer la balance, renoter les données ambiantes et le poids de la bouteille de référence et de chaque bouteille de l'ensemble. Ajuster le poids de chaque bouteille en fonction de la bouteille de référence (poids de référence).

Si les poids de référence consécutifs (mesurés à intervalle d'au moins 6 heures) n'ont pas un écart de plus 0,5 mg, la mesure finale des poids consécutifs est le poids de la tare de référence de chaque bouteille. Autrement, effectuer des pesées supplémentaires jusqu'à l'obtention d'un poids de référence constant.

Dans le cas d'une impossibilité à obtenir un écart-type de 0,3 mg pour les pesées de référence consécutives de bouteilles de 250 mL vides, réviser les procédures de pesée.

Boucher chaque bouteille et la placer dans un sac en polyéthylène propre et transparent pour l'utiliser ultérieurement sur le terrain. Conserver la bouteille de référence dans le laboratoire pour l'utiliser ultérieurement en tant que référence lors de la pesée des bouteilles qui contiennent les résidus d'échantillon.

Remarque : Il faut utiliser la même bouteille de référence pour la tare et les poids de référence des résidus.

5.2 Prélèvement d'échantillons

Analyse préliminaire. En l'absence de connaissances antérieures en matière de variables de la cheminée, une analyse préliminaire devrait être effectuée afin d'obtenir les données suivantes :

- Le nombre et l'emplacement des points de section à une distance conforme à la méthode A, méthode de référence SPE 1/RM/8.
- Le profil de la vélocité dans la cheminée, la température et la pression de la cheminée (méthode B, méthode de référence SPE 1/RM/8).
- La masse moléculaire du gaz de cheminée (méthode C, méthode de référence SPE 1/RM/8).
- Le taux d'humidité du gaz de cheminée (méthode D, méthode de référence SPE 1/RM/8).

Tous les articles de verre de la ligne d'échantillonnage doivent être soigneusement nettoyés dans le laboratoire avant l'analyse. Pour chaque analyse, il faut utiliser un nouvel ensemble d'articles de verre pour la portion des matières particulaires condensables de la ligne (du condenseur à la moitié avant du filtre de brouillard). Il ne faut pas utiliser de graisse de silicone pour sceller les joints de verre qui pourraient être rincés au dichlorométhane. Les joints de verre doivent être scellés à l'aide de joints toriques en fluoropolymères ou de ruban de Téflon.

Nettoyer les articles de verre dans un lave-vaisselle à l'aide de détergent pour verre de qualité laboratoire. Certains articles de verre comme le condenseur et le purgeur de vapeur d'eau peuvent être nettoyés en les trempant dans un évier rempli d'eau et de détergent pendant une nuit. Après le lavage, rincer trois fois chacun les articles de verre à l'aide d'eau du robinet, d'eau de type II, d'acétone et enfin de dichlorométhane. Le revêtement de la sonde peut être nettoyé en brossant et en rinçant le revêtement trois fois à l'aide d'eau de type II et d'acétone. Couvrir les extrémités ouvertes des articles de verre à l'aide de papier d'aluminium propre.

Préparation et fonctionnement de la ligne de prélèvement. Assembler la ligne d'échantillonnage dans un endroit propre pour réduire les risques de contamination. Installer la buse de la taille choisie sur la sonde. Marquer la sonde à l'aide de marques qui résistent à la chaleur pour indiquer l'emplacement de chaque point d'échantillonnage. Utiliser une pince pour placer l'étiquette et tarer le filtre dans le porte-filtre.

La préparation de la ligne d'échantillonnage est semblable à celle de la méthode E, méthode de référence SPE 1/RM/8, à l'exception de l'installation du filtre de brouillard et de l'ajout d'éthanol dans le premier impacteur sans tige ou dans le purgeur de vapeur d'eau pour inhiber l'oxydation du SO_2 dans le condensé. Mesurer 3 mL d'éthanol et compléter le volume à 10 mL avec de l'eau de qualité CLHP, puis ajouter cette solution dans le purgeur de vapeur d'eau ou dans l'impacteur sans tige. Le premier impacteur contient 100 mL d'eau de qualité CLHP, le deuxième impacteur est laissé vide et le troisième doit contenir de 100 g à 300 g de dessiccant de gel de silice. La figure H-1 montre configuration du condensé et de l'impacteur. Noter le poids de l'impacteur ou du purgeur de vapeur d'eau (après l'ajout d'éthanol), du condenseur et des trois autres impacteurs à une précision de 0,5 g sur la feuille de données de l'analyse d'humidité (figure H-2).

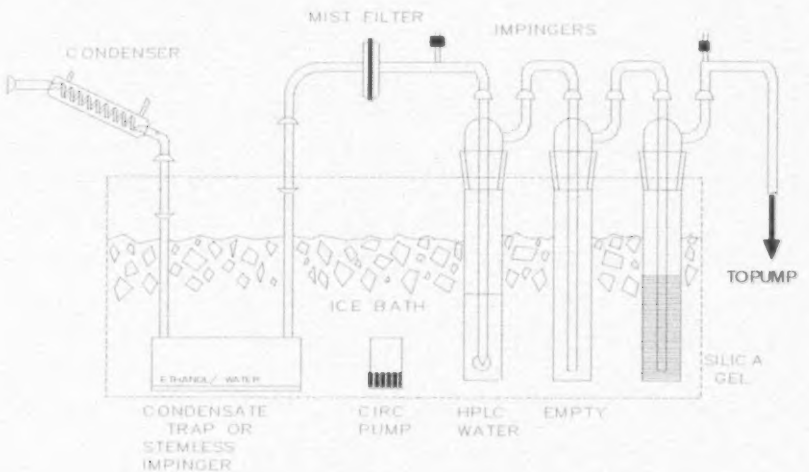


Figure H-1 Schéma de la ligne d'impacteur de la méthode H

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Pesée effectuée par : _____

Composant	Contenu	Poids (g)
Serpentin du condenseur	Sec	Final _____ Initial _____ Gain _____ (a)
Purgeur de vapeur d'eau pH = ___	3 mL d'éthanol complétés à 10 mL avec de l'eau de qualité CLHP	Final _____ Initial _____ Gain _____ (b)
Premier impacteur	100 mL d'eau de qualité CLHP	Final _____ Initial _____ Gain _____ (c)
Deuxième impacteur	Vide	Final _____ Initial _____ Gain _____ (d)
Troisième impacteur	~ 200 g de gel de silice	Final _____ Initial _____ Gain _____ (e)
Total du gain d'humidité = a + b + c + d+e		_____ g

Figure H-2 Feuille de données de l'analyse d'humidité

Respecter les procédures d'échantillonnage indiquées dans la section 5.5.1 de la méthode E, méthode de référence SPE 1/RM/8 pour le prélèvement d'un échantillon de la ligne. Elles comprennent le choix de la buse, la vérification de fuites avant et après l'analyse, le fonctionnement de la ligne d'échantillonnage et la notation des mesures instrumentales.

5.3 Prélèvement d'échantillons

Déconnecter avec précaution la sonde de la ligne d'échantillonnage. Sceller toutes les ouvertures. Faire attention en déplaçant les composants de la ligne du site d'analyse au site de prélèvement d'échantillon afin de réduire les risques de perte d'échantillons recueillis ou de gain de matière particulaire étrangère.

Dans la zone de prélèvement d'échantillon, peser les composants de la ligne d'échantillonnage. Noter le poids du condenseur, du purgeur de vapeur d'eau et de chacun des trois impacteurs à une précision de 0,5 g sur la feuille de données de l'analyse d'humidité (figure H-2).

Prélever les échantillons de la façon suivante :

Rinçages de la buse, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre (contenants 1 et 2). Essuyer soigneusement toute trace visible de particules sur les surfaces extérieures de la buse et de la sonde.

Laver et brosser les surfaces intérieures de la buse, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre à l'aide d'environ 100 mL d'eau de qualité CLHP. Entreposer ces produits de rinçage dans le contenant 1. Il n'est pas nécessaire de tarer ce contenant. Laver et brosser les surfaces intérieures de la buse, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre à l'aide d'environ 100 mL d'acétone. Mettre ces produits de lavage dans le contenant 2. Il est nécessaire de tarer ce contenant ou de transférer quantitativement le contenu dans un contenant taré pour déterminer la gravimétrie. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide. Utiliser un marqueur à pointe fine pour marquer les niveaux sur tous les contenants.

Filtre primaire (contenant 3). À l'aide d'une pince propre ou d'un rebord plat, transférer le filtre en fibre de verre et toute matière libre qui pourrait adhérer au porte-filtre dans une boîte de Pétri. Sceller et étiqueter le contenant de l'échantillon.

Rinçages du condensé et à l'eau (contenant 4). Transférer le condensé recueilli dans le purgeur de vapeur d'eau dans le contenant 4. Mesurer et noter le pH. Rincer ensuite trois fois la moitié arrière du porte-filtre primaire, le condenseur, le purgeur de vapeur d'eau, les raccords de verre et la moitié avant du porte-filtre de brouillard à l'aide de 100 mL d'eau de qualité CLHP au total. Ajouter les rinçages à l'eau dans le contenant 4. Utiliser un second contenant d'échantillon (contenant 4b) si le condensé et les volumes de rinçage excèdent la capacité de la bouteille. Remplir la moitié arrière du porte-filtre primaire et le condenseur d'eau de qualité CLHP et laisser tremper pendant cinq minutes. Ajouter ces produits de trempage au contenant 4. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide.

Rinçages du condenseur et de la moitié arrière (contenant 5). Remplir la moitié arrière du porte-filtre primaire et le serpentin du condenseur d'eau de dichlorométhane et laisser tremper pendant cinq minutes. Ajouter ces produits de trempage au contenant 5. Rincer ensuite trois fois la moitié arrière du porte-filtre primaire, le serpentin du condenseur, le purgeur de vapeur d'eau, les raccords de verre et la moitié avant du porte-filtre secondaire à l'aide de 100 mL de dichlorométhane au total. Ajouter ces produits de rinçage au contenant 5. Sceller et étiqueter le contenant et marquer le niveau de liquide.

Filtre secondaire (de brouillard) (contenant 6). Utiliser une pince propre pour placer le filtre dans une boîte de Pétri. Sceller et étiqueter le contenant.

Blancs d'eau de qualité CLHP et d'acétone de la moitié avant (contenants 7 et 8). Mettre 100 mL d'eau et 100 mL d'acétone, provenant chacune directement du flacon-laveur correspondant utilisé, dans les contenants 7 et 8, respectivement. Il n'est pas nécessaire de tarer le contenant 7. Il est nécessaire de tarer le contenant 8 ou de transférer quantitativement le contenu dans un contenant taré pour déterminer la gravimétrie. Sceller et étiqueter les contenants et marquer les niveaux de liquide.

Blancs d'eau de qualité CLHP et d'éthanol de la moitié arrière (contenant 9). Mesurer environ 200 mL d'échantillon de blanc d'eau de qualité CLHP, ajouter 3 mL d'éthanol, tous deux utilisés au cours des analyses, à la condition que le même récipient de solvant ait été utilisé pour toutes les analyses. Autrement, prendre des échantillons de blancs séparés pour chaque analyse. Sceller et étiqueter le contenant et marquer le niveau de liquide.

Blanc de dichlorométhane (contenant 10). Mesurer environ 200 mL d'échantillon de blanc de dichlorométhane utilisé au cours des analyses, à la condition que le même récipient de solvant ait été utilisé pour toutes les analyses. Autrement, prendre des échantillons de blancs séparés pour chaque analyse. Sceller et étiqueter le contenant et marquer le niveau de liquide.

Blanc du filtre secondaire (de brouillard) (contenant 11). Utiliser une pince propre ou un rebord plat pour placer le filtre dans une boîte de Pétri. Sceller et étiqueter le contenant de l'échantillon. Cela est nécessaire pour s'assurer qu'aucune matière du filtre n'est libérée dans l'eau ou le dichlorométhane après la sonication.

On recommande l'utilisation de contenants de verre tarés pour éviter les pertes de transfert d'échantillon. Au cours de la préparation et du prélèvement d'échantillons, ces contenants doivent être manipulés avec des gants de laboratoire et protégés de toute modification de leur poids taré (l'étiquetage supplémentaire doit se limiter au couvercle de plastique). Après le prélèvement, remettre les contenants dans leurs sacs en polyéthylène d'origine jusqu'à leur analyse en laboratoire. Les contenants doivent demeurer en position verticale en tout temps au cours du transport et être maintenus à une température inférieure à 30 °C.

5.4 Analyse d'échantillons

Toutes les analyses doivent être effectuées sur une période d'échantillonnage de deux semaines dans un laboratoire propre muni d'une hotte. L'humidité relative de la pièce dans laquelle est effectuée la pesée doit être maintenue à au plus 50 %.

Dans le laboratoire, retirer les contenants de leurs sacs en polyéthylène protecteurs et vérifier qu'aucune fuite de liquide n'est survenue. Les fuites invalident les résultats d'analyse. Noter l'état des échantillons à leur réception au laboratoire dans la figure H-3.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse :_____
Date : _____
Analyse effectuée par : _____

État des échantillons à la réception			
Contenant/ N° de bouteille		**Description**	**Observations**
1		Eau et acétone rinçages de la buse, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre primaire	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
2			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
3		Filtre	Noter l'état
4		Condensé, trempages, rinçages à l'eau de qualité CLHP de la moitié arrière du porte-filtre primaire, du condenseur, du purgeur de vapeur d'eau, des raccords de verre et de la moitié avant du filtre de brouillard	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
5		Trempages au dichlorométhane et rinçages de la moitié arrière du porte-filtre primaire, du condenseur, du purgeur de vapeur d'eau, des raccords de verre et de la moitié avant du filtre de brouillard	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
6		Filtre de brouillard	Noter l'état
7		Blanc d'eau de qualité CLHP/d'acétone de la moitié avant	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
8			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
9		Blanc d'eau de qualité CLHP/d'acétone de la moitié arrière	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
10		Blanc de dichlorométhane	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
11		Blanc du filtre de brouillard	Noter l'état

Figure H-3 Description des échantillons reçus

L'analyse des échantillons nécessite de nombreuses déterminations gravimétriques des résidus d'évaporation. Respecter les procédures indiquées dans la méthode G pour le traitement des contenants 1, 2, 3, 7 et 8. Les procédures suivantes sont nécessaires pour déterminer les matières particulaires condensables. Se référer aux figures H-4 et H-5. Les échantillons dans les contenants 4 à 6 et 9 à 11 sont nécessaires pour déterminer les matières particulaires condensables. Respecter la séquence et les procédures ci-dessous pour déterminer les matières particulaires condensables inorganiques et organiques.

Étape	Procédure
1	Extraire les matières particulaires condensables solubles dans l'eau du filtre secondaire (**contenant 6**) en pliant le filtre en quatre et en le plaçant dans un tube d'extraction de 40 mL. Ajouter suffisamment d'eau pour couvrir le filtre secondaire (environ 10 à 20 mL). Placer le tube dans un bain de sonication pendant au moins deux minutes. Décanter l'extrait aqueux dans le **contenant 4** (ou 4b, s'il a été utilisé). Refaire cette étape d'extraction deux fois, pour un total de trois extractions.
2	Extraire les matières particulaires condensables solubles dans le dichlorométhane du filtre secondaire extrait à l'eau (**contenant 6**) en ajoutant suffisamment de dichlorométhane pour couvrir le filtre (environ 10 à 20 mL). Placer le tube d'extraction dans un bain de sonication pendant au moins deux minutes. Décanter l'extrait de dichlorométhane dans le **contenant 5**. Refaire cette étape d'extraction deux fois, pour un total de trois extractions.
3	Transférer le contenu du **contenant 4** (et 4b, s'il a été utilisé) dans une ampoule à décantation. Ajouter ensuite 30 mL de dichlorométhane à l'ampoule, mélanger bien et retirer la phase organique inférieure dans le **contenant 5**. Refaire deux fois à l'aide d'un autre volume de 30 mL de dichlorométhane. Cette extraction devrait produire environ 90 mL d'extrait organique. Chaque fois, laisser une petite quantité de dichlorométhane dans l'ampoule à décantation afin de garantir qu'aucune quantité d'eau n'est recueillie dans la phase organique. Décanter l'extrait aqueux dans le **contenant 4** (ou 4b, s'il a été utilisé). ***Remarque : Au cours du processus d'extraction organique, une pression importante peut s'accumuler dans l'ampoule à décantation. S'assurer de libérer la pression à l'aide d'un robinet de PTFE tout en mélangeant comme mesure de sécurité.***
4	Évaporer le contenu de l'extrait de dichlorométhane **(contenant 5)** à la température et à la pression ambiantes sous une hotte. Sécher les résidus pendant environ 24 heures dans un dessiccateur contenant du gel de silice ou un dessiccant équivalent. Peser jusqu'à l'obtention d'un poids constant (± 0,5 mg) et noter les résultats à une précision de 0,1 mg.
5	Placer le **contenant 4** (et 4b, s'il est utilisé) ouvert dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse en conservant au moins 5 mL de liquide. Retirer ensuite le contenant du four et terminer l'évaporation à la température et à la pression ambiantes dans un dessiccateur contenant du gel de silice ou un dessiccant équivalent. Sécher les résidus pendant environ 24 heures. Peser jusqu'à l'obtention d'un poids constant (± 0,5 mg) et noter les résultats à une précision de 0,1 mg. S'il est impossible d'obtenir un poids constant pour les résidus du contenant 4 (et 4b, s'il est utilisé) en quatre essais, on soupçonne la présence d'acide sulfurique dans l'échantillon et il faut alors respecter la procédure de l'étape 6.
6	Dissoudre à nouveau les résidus dans 100 mL d'eau de qualité CLHP. Neutraliser l'acide dans le **contenant 4** (et 4b, s'il est utilisé) au moyen d'un titrage avec une solution de NH_4OH à 0,1 N. Déterminer le point de virage à l'aide d'un pH-mètre calibré ou d'une bande de papier indicateur de pH. Ne pas utiliser d'indicateurs liquides, étant donné que même quelques gouttes peuvent ajouter une importante quantité de résidus. Noter le volume de titrant utilisé. Placer à nouveau le **contenant 4** (et 4b, s'il est utilisé) ouvert dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse en conservant au moins 5 mL de liquide. Retirer ensuite le contenant du four et terminer l'évaporation à la température et à la pression ambiantes dans un dessiccateur. Sécher les résidus pendant environ 24 heures. Peser jusqu'à l'obtention d'un poids constant (± 0,5 mg) et noter les résultats à une précision de 0,1 mg. Soustraire le poids d'ammoniac contenu dans le titrant à l'aide de l'équation de la figure H-5.

Figure H-4 Traitement des échantillons de matières particulaires condensables

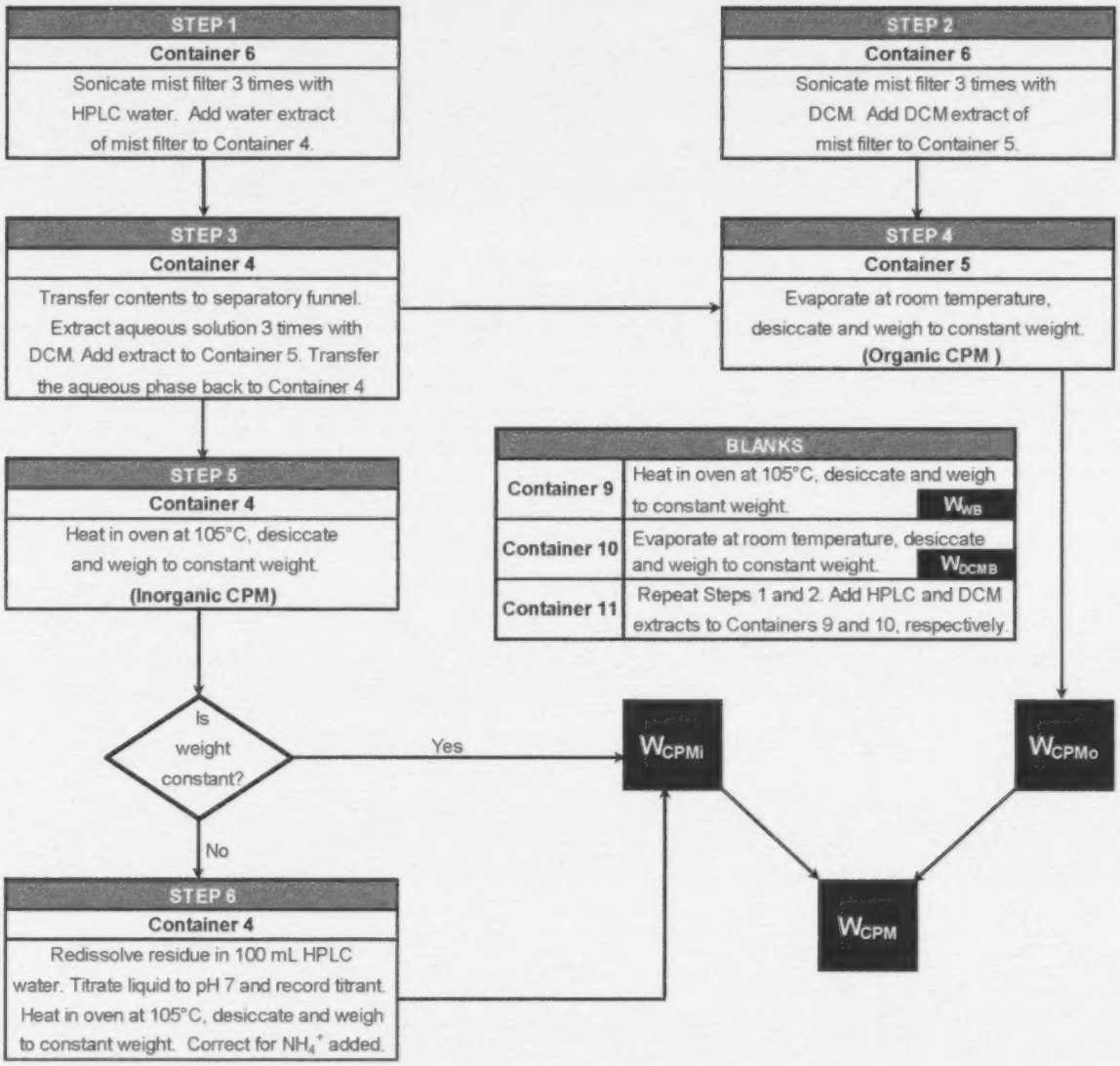


Figure H-5 Organigramme du traitement des échantillons de matières particulaires condensables

Détermination de la masse de résidus. La détermination des résidus d'évaporation peut être influencée par le poids et le volume des contenants d'entreposage. Le poids et le volume du contenant sont généralement six fois plus grands que ceux des résidus. Par conséquent, le tarage et la pesée peuvent être influencés par des changements de la poussée aérostatique.

La pesée des résidus doit respecter la procédure de tarage des bouteilles d'échantillon.

- Après le séchage de tous les échantillons, il faut les peser à nouveau ainsi que le contenant de référence.
- Calculer les poids des contenants remplis par rapport au poids final du contenant de référence.
- Les peser à nouveau au moins six heures plus tard jusqu'à ce que les poids de référence consécutifs n'aient pas un écart supérieur à 0,5 mg.
- Le poids des résidus est la différence entre le poids final de référence et le poids de référence taré de chaque échantillon.

Contenant 9 (Blanc d'eau/d'éthanol). Placer le **contenant 9** (qui contient également l'extrait aqueux du blanc du filtre de brouillard) dans un four à 105 °C (220 °F) pour permettre l'évaporation de la phase aqueuse en conservant au moins 5 mL de liquide. Retirer ensuite le contenant du four et terminer l'évaporation à la température et à la pression ambiantes. Sécher les résidus pendant environ 24 heures dans un dessiccateur contenant du gel de silice ou un dessiccant équivalent. Peser jusqu'à l'obtention d'un poids constant et noter les résultats à une précision de 0,1 mg.

Contenant 10 (Blanc de dichlorométhane). Évaporer le contenu de l'extrait de dichlorométhane (**contenant 10**) (qui contient également l'extrait de dichlorométhane du blanc du filtre de brouillard) à la température et à la pression ambiantes sous une hotte. Sécher les résidus pendant environ 24 heures dans un dessiccateur contenant du gel de silice ou un dessiccant équivalent. Peser jusqu'à l'obtention d'un poids constant et noter les résultats à une précision de 0,1 mg.

Noter les résultats dans la figure H-6. Utiliser les calculs indiqués dans la figure H-6 pour corriger la masse de NH_4^+ ajoutée aux résidus au cours du titrage.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Analyse effectuée par : _____

Composant de la ligne	Description	Poids final (mg)	Tare (mg)	Poids des particules (mg)	Fraction
Contenant 2 Contenant 3	Résidus de la sonde Filtre primaire			(a) (b)	
Contenant 8	Blanc d'eau/d'acétone			(c)	
Contenant 4	Matières particulaires condensables inorganiques			(d)	P_{MPCi}
Contenant 5	Matières particulaires condensables organiques			(e)	P_{MPCo}
Contenant 9	Blanc d'eau			(f)	P_{BE}
Contenant 10	Blanc de dichlorométhane			(g)	P_{BDCM}
Si les résidus inorganiques ont été titrés à l'aide de NH_4OH, calculer la masse ajoutée aux résidus comme il est indiqué ci-dessous.					
Volume de titrant (V_t) ____ mL Normalité du NH_4OH 0,1 N Correction de la masse de NH_4^+ $P_{titrant} = 17,03 \times V_t \times 0,1$				(h)	$P_{titrant}$

MP	=	$P_{MP} = (a - c) + b$ $P_{MP} =$ _____ mg
MPC	=	$P_{MPC} = (d - f) + (e - g) - h$ $P_{MPC} =$ _____ mg
MPT	=	$P_{MP} + P_{MPC}$ $P_{MPT} =$ _____ mg

Remarques :

– Le poids des blancs ne doit pas être supérieur à 2 mg.

– Ne pas faire d'ajustement par rapport aux valeurs négatives des blancs.

– Il n'est pas permis de faire d'ajustement par rapport au blanc lorsque les résidus de blancs ont un poids supérieur à 2 mg.

Figure H-6 Feuille de données analytiques des particules

6. Calculs

En cours d'analyse, les données doivent être saisies dans les unités des appareils d'échantillonnage de la ligne (unités impériales ou unités métriques de pratique courante). Les équations de la présente méthode utilisent les unités de pratique courante, afin de faciliter leur application et d'éviter les erreurs. Les résultats peuvent être convertis, au besoin, en unités précisées dans les normes ou les lignes directrices en vigueur. Le terme poids fait en fait référence à la masse. L'abréviation « P » signifie poids pour éviter toute confusion avec « M » qui signifie la masse moléculaire.

Les paramètres du gaz de cheminée se calculent conformément à la section 5.6 de la méthode E, méthode de référence SPE 1/RM/8.

La limite de détection de la méthode en matière de détermination gravimétrique des résidus issus des bouteilles est de 0,42 mg. La valeur d'incertitude étendue totale (probabilité de 95 %) pour les matières particulaires filtrables et les matières particulaires condensables est de 1,4 mg. Les données sur les matières particulaires condensables inorganiques issues de neuf paires d'analyses d'une source industrielle ont été utilisées pour comparer la présente méthode à la EPA Method 202. L'analyse statistique des différences entre les deux méthodes a fourni une valeur t de 0,28 et une différence moyenne de -0,16 mg (intervalle de confiance à 95 %, -1,5 à 1,1 mg).

Concentration des matières particulaires ou des matières particulaires condensables ou des matières particulaires totales. Calculer la concentration des matières particulaires à l'aide de l'équation H-1.

$$C_{MP} \text{ ou } C_{MPC} \text{ ou } C_{MPT} = \frac{W_{MP} \text{ ou } W_{MPC} \text{ ou } W_{MPT}}{(V_m)_{réf}} \qquad \textbf{Équation H-1}$$

Débit massique d'émission. Déterminer l'émission massique ou le débit d'émission des matières particulaires, des matières particulaires condensables ou des matières particulaires totales à l'aide de l'équation H-3.

$$ER_{MP} \text{ ou } ER_{MPC} \text{ ou } ER_{MPT} = 10^{-6} (C_{MP} \text{ ou } C_{MPC} \text{ ou } ER_{MPT}) Q_s \qquad \textbf{Équation H-2}$$

7. Nomenclature

C_{MP} – concentration des matières particulaires filtrables dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3

C_{MPC} – concentration des matières particulaires condensables dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3

C_{MPT} – concentration des matières particulaires totales dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3

DE_{MP} – débit massique d'émission des matières particulaires filtrables, en kg/h

DE_{MPC} – débit massique d'émission des matières particulaires condensables, en kg/h

DE_{MPT} – débit massique d'émission des matières particulaires totales, en kg/h

Q_s – débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3/h

$(V_m)_{réf}$ – volume d'échantillon du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3

P_{MP} – poids des matières particulaires filtrables recueillies au cours de l'analyse, en mg

P_{MPC} – poids des matières particulaires condensables recueillies au cours de l'analyse, en mg

P_{MPT} – poids des matières particulaires totales recueillies au cours de l'analyse, en mg

10^{-6} – conversion, en kg/mg

Méthode I : Options

1. Applicabilité

On utilise la présente méthode pour mesurer la concentration massique et l'émission ou le rejet massique de $MP_{2,5}$ filtrables et de matières particulaires condensables par des sources fixes. On combine la moitié avant de la méthode G et la moitié arrière de la méthode H pour créer une méthode pour les matières particulaires fines de sources fixes. La somme des $MP_{2,5}$ filtrables et des matières particulaires condensables donne les $MP_{2,5}$ totales. La présente méthode est soumise aux limitations des méthodes G et H.

2. Principe

Les principes fournis dans les méthodes G et H s'appliquent à la présente méthode. Trois analyses valides sont exigées pour la détermination des $MP_{2,5}$ totales. Chaque analyse doit avoir une durée d'au moins deux heures et récupérer au moins 1,5 m^3 (53 pi^3) de gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence.

3. Appareils

Les mêmes que ceux des méthodes G et H.

4. Réactifs et matériel

Les réactifs et le matériel indiqués à la section 4 de la méthode H doivent être utilisés lorsqu'on combine les méthodes G et H. Cela comprend l'utilisation d'eau de qualité CLHP pour rincer les moitiés avant et arrière des composants.

5. Procédures

5.1 Tarage

La même procédure que celle de la méthode H.

5.2 Prélèvement d'échantillons

Choix du taux d'échantillonnage. Utiliser les procédures indiquées dans la section 5.1 et la figure G-9 de la méthode G pour choisir le taux d'échantillonnage approprié pour le cyclone, de façon à respecter les critères en matière de temps de rétention, de seuil de diamètre et d'isocinétisme. Choisir un temps d'échantillonnage supérieur à deux heures qui permet d'obtenir un volume d'échantillon d'au moins 1,5 m^3 (53 pi^3) dans des conditions de référence sèches.

Préparation de la ligne d'échantillonnage. Combiner la moitié avant de la ligne de la méthode G et la moitié arrière de la ligne de la méthode H comme l'illustre la figure I-1. Mesurer 3 mL d'éthanol et compléter le volume à 10 mL avec de l'eau de qualité CLHP, puis ajouter cette solution dans le purgeur de vapeur d'eau ou dans l'impacteur sans tige. Le premier impacteur contient 100 mL d'eau de qualité CLHP, le deuxième impacteur est laissé vide et le troisième doit contenir de 100 g à 300 g de dessiccant de gel de silice. Noter le poids de l'impacteur ou du purgeur de vapeur d'eau (après l'ajout d'éthanol), du condenseur et des trois autres impacteurs (à une précision de 0,5 g) sur la feuille de données de l'analyse d'humidité (figure H-2)

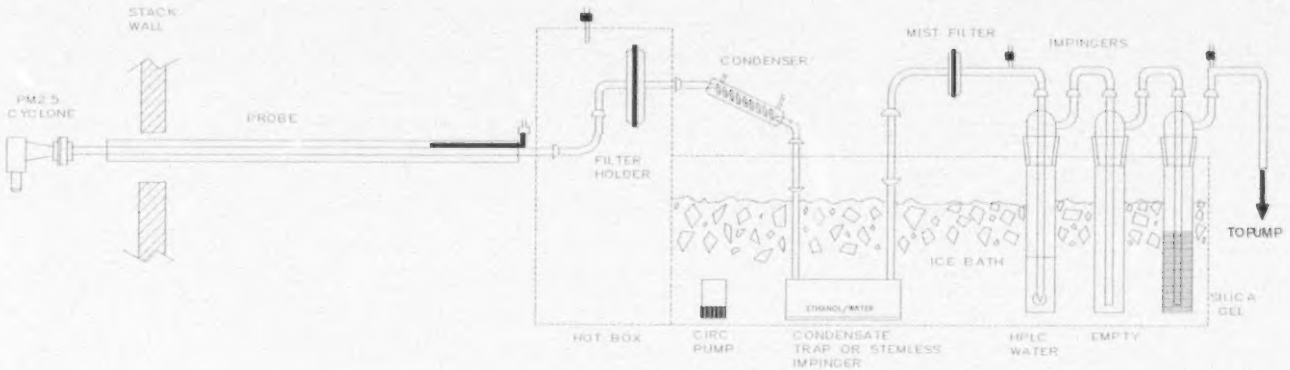


Figure I-1 Schéma de la méthode I : combinaison des méthodes G et H

Fonctionnement de la ligne de prélèvement. Comme dans la méthode G, utiliser la figure G-9 ou une stratégie semblable pour déterminer le réglage du débitmètre à diaphragme et pour choisir un temps d'échantillonnage qui permet d'obtenir un volume d'échantillon d'au moins 1,5 m^3 (53 pi^3) dans des conditions de référence sèches.

5.3 Prélèvement d'échantillons

Déconnecter avec précaution la sonde de la ligne d'échantillonnage et sceller toutes les ouvertures. Sceller les ouvertures du cyclone de $MP_{2,5}$. Faire preuve de précaution en déplaçant les composants de la ligne du site d'analyse au site de prélèvement d'échantillon afin de réduire les risques de perte de matières particulaires recueillies ou de contamination.

Dans la zone de prélèvement d'échantillon, peser les composants de la ligne d'échantillonnage. Noter le poids du condenseur, du purgeur de vapeur d'eau et de chacun des trois impacteurs (à une précision de 0,5 g) sur la feuille de données de l'analyse d'humidité (figure H-2).

Récupérer les composants de la moitié avant de la ligne de la façon décrite à la section 5.2 de la méthode G à l'aide d'eau de qualité CLHP au lieu de l'eau de type II pour éviter l'utilisation accidentelle d'eau de type II dans la récupération des matières particulaires condensables. Récupérer les composants de la moitié arrière de la ligne de la façon décrite à la section 5.3 de la méthode H.

5.4 Analyse d'échantillons

Toutes les analyses doivent être effectuées sur une période d'échantillonnage de deux semaines dans un laboratoire propre muni d'une hotte. L'humidité relative de la pièce dans laquelle est effectuée la pesée doit être maintenue à au plus 50 %.

Dans le laboratoire, retirer les contenants de leurs sacs en polyéthylène protecteurs et vérifier qu'aucune fuite de liquide n'est survenue. Les fuites invalident les résultats d'analyse. Noter l'état des échantillons à leur réception au laboratoire dans la figure I-2.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Analyse effectuée par : _____

État des échantillons à la réception			
Contenant/ N° de bouteille		**Description**	**Observations**
1		Rinçages à l'eau et à l'acétone du cyclone et de la buse (combinés selon la méthode G)	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
2		Rinçages à l'eau et à l'acétone du tube de sortie du cyclone, du revêtement de la sonde et de la moitié avant du porte-filtre (combinés selon la méthode G)	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
3		Filtre	Noter l'état
4		Condensé, trempages, rinçages à l'eau de qualité CLHP de la moitié arrière du porte-filtre primaire, du condenseur, des raccords de verre et de la moitié avant du filtre de brouillard	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
5		Trempages et rinçages au dichlorométhane de la moitié arrière du porte-filtre primaire, du condenseur, des raccords de verre et de la moitié avant du filtre de brouillard	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
6		Filtre de brouillard	Noter l'état
7		Blanc d'eau de qualité CLHP/d'acétone de la moitié avant	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
8			Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
9		Blanc d'eau de qualité CLHP/d'acétone de la moitié arrière	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
10		Blanc de dichlorométhane	Fuite au cours du transport? Noter l'état du joint d'étanchéité
11		Blanc du filtre de brouillard	Noter l'état

Figure I-2 Description des échantillons reçus

L'analyse des échantillons nécessite de nombreuses déterminations gravimétriques des résidus d'évaporation. Respecter les procédures indiquées dans la méthode G pour le traitement des contenants 1, 2, 3, 7 et 8. Respecter les procédures indiquées dans la méthode H pour le traitement des contenants 4, 5, 6, 9, 10 et 11. Après la détermination d'un poids constant pour tous les échantillons de résidus, utiliser la feuille de données analytiques des particules de la figure I-3 pour déterminer le poids des différentes fractions de particules.

Usine : _____
Emplacement : _____
Numéro d'analyse : _____
Date : _____
Analyse effectuée par : _____

Composant de la ligne	Description	Poids final (mg)	Tare (mg)	Poids des particules (mg)	Fraction
Contenant 1	+$MP_{2,5}$			(a)	
Contenant 2 Contenant 3	$MP_{2,5}$ Filtre primaire			(b) (c)	
Contenant 8	Blanc d'eau/d'acétone			(d)	
Contenant 4	Matières particulaires condensables inorganiques			(e)	P_{MPCi}
Contenant 5	Matières particulaires condensables organiques			(f)	P_{MPCo}
Contenant 7	Blanc d'eau			(g)	P_{BE}
Contenant 9	Blanc de dichlorométhane			(h)	P_{BDCM}
Si les résidus inorganiques ont été titrés à l'aide de NH_4OH, calculer la masse ajoutée aux résidus comme indiqué ci-dessous.					
Volume de titrant (V_t) ____ mL Normalité du NH_4OH 0,1 N Correction de la masse de NH_4^+ $P_{titrant} = 17,03 \times V_t \times 0,1$				(i)	$P_{titrant}$

$MP_{2,5}$ filtrables	=	$P_{MP2,5} = (b - d) + c$ $P_{MP2,5} =$ _____ mg
MPC	=	$P_{MPC} = (e - g) + (f - h) - i$ $P_{MPC} =$ _____ mg
$MP_{2,5}$ totales	=	$P_{MPT2,5} = P_{MP2,5} + P_{MPC}$ $P_{MPT2,5} =$ _____ mg
MP filtrables	=	$P_{MP} = a + (b - d) + c$ $P_{MP} =$ _____ mg
MP totales	=	$P_{MPT} = P_{MP} + P_{MPC}$ $P_{MPT} =$ _____ mg

Remarques :

– Le poids des blancs ne doit pas être supérieur à 2 mg.

– Ne pas faire d'ajustement par rapport aux valeurs négatives des blancs.

– Il n'est pas permis de faire d'ajustement par rapport au blanc lorsque les résidus de blancs ont un poids supérieur à 2 mg.

Figure I-3 Feuille de données analytiques des particules

6. Calculs

Calculer les paramètres du gaz de cheminée conformément à la section 6 de la méthode G. Le cas échéant, calculer les concentrations des matières particulaires filtrables, des $MP_{2,5}$ et des matières particulaires condensables et les taux d'émission conformément à la section 6 des méthodes G et H.

La limite de détection de la méthode pour déterminer la gravimétrie des résidus des bouteilles est de 0,42 mg. La valeur d'incertitude étendue totale (probabilité de 95 %) pour les matières particulaires totales, qui comprennent les matières particulaires filtrables (dont les $+MP_{2,5}$ et les $MP_{2,5}$) et les matières particulaires condensables, est de 1,5 mg.

Concentration des matières particulaires totales ou des $MPT_{2,5}$. Calculer la concentration des matières particulaires totales ou des $MPT_{2,5}$ à l'aide de l'équation I-1

$$C_{MPT}\ ou C_{MPT\,2,5} = \frac{P_{MPT}\ ou\ P_{MPT\,2,5}}{(V_m)_{réf}} \qquad \textbf{Équation H-1}$$

Débit massique d'émission. Déterminer l'émission massique ou le débit d'émission des matières particulaires totales ou des $MPT_{2,5}$ à l'aide de l'équation H-2.

$$ER_{MPT}\ ou\ ER_{MPT\,2,5} = 10^{-6}(C_{MPT}\ ou\ C_{MPT\,2,5})Q_s \qquad \textbf{Équation H-2}$$

7. Nomenclature

$C_{MPT2,5}$	– concentration des $MP_{2,5}$ dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3
C_{MPT}	– concentration des matières particulaires totales dans le gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en mg/m^3
$DE_{MPT2,5}$	– débit massique d'émission des $MP_{2,5}$ totales, en kg/h
DE_{MPT}	– débit massique d'émission des matières particulaires totales, en kg/h
Q_s	– débit volumétrique du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3/h
$(V_m)_{réf}$	– volume d'échantillon du gaz de cheminée sur une base sèche dans les conditions de référence en matière de température et de pression, en m^3
$P_{MPT2,5}$	– poids des $MP_{2,5}$ totales recueillies au cours de l'analyse, en mg
P_{MPT}	– poids des matières particulaires totales recueillies au cours de l'analyse, en mg
10^{-6}	– conversion, en kg/mg

Références

Environnement Canada. Méthode de référence en vue d'essais aux sources : mesure des rejets de particules de sources fixes. Méthode de référence SPE 1/RM/8, décembre 1993.

Environmental Protection Agency des États-Unis. Federal Reference Methods 201a and 202. Methods for Measurements of Filterable PM_{10} and $PM_{2.5}$ and Measurement of Condensable PM Emissions from Stationary Sources.40 CFR Part 51.

Environmental Protection Agency des États-Unis. Federal Reference Method 30b, Determination of Mercury from Coal-Fired Combustion Sources Using Carbon Sorbent Traps. 40 CFR Part 60, Appendix A-8.

Wang, L., Ma, Y., Hao, J., Zhao, Y. Mechanism and Kinetics of Sulfite Oxidation in the Presence of Ethanol. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48:4307-4311, 2009.

www.ec.gc.ca

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement Canada
Informathèque
10, rue Wellington, 23e étage
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800
Télécopieur : 819-994-1412
ATS : 819-994-0736
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca